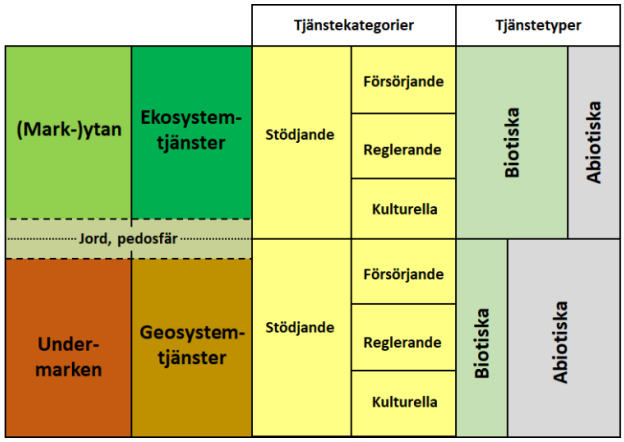
CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ATT INTEGRERA UNDERMARKENS TJÄNSTER I PLANERINGEN

Pilotstudie Flatåsmotet

NORRMAN, J., ERICSSON, L. O., SKÖLD, N-P.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Forskargrupp teknisk geologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2020

RAPPORT 2020

Att integrera undermarkens tjänster i planeringen

Pilotstudie Flatåsmotet

RAPPORT 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik, forskargrupp teknisk geologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020

Att integrera undermarkens tjänster i planeringen
Pilotstudie Flatåsmotet

NORRMAN, J.[1], ERICSSON, L. O.[1], SKÖLD, N-P.[1]

Report / Department of Architecture and Civil Engineering,
Chalmers University of Technology, 2020

[1] Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik, forskargrupp teknisk geologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Foto från Flatåsmotet (position 68-69, se Bilaga 1) samt schematisk bild över ekosystemtjänster och geosystemtjänster efter van Ree et al. (2017), översättning av författarna.
Foto: Jenny Norrman (2018)
Göteborg 2020

SAMMANFATTNING

Undermarken kan i den urbana miljön användas för en mängd olika ändamål: grundläggning, uttag av grundvatten för t.ex. dricksvatten, lagring av värme, kyla och koldioxid, anläggningar under markytan t.ex. garage, tunnlar, offentliga utrymmen, sportanläggningar. Dessutom kan undermarken innehålla arkeologiska lämningar. Vidare kan jord och grundvatten vara förorenade och behöva saneras. I det hållbara samhället måste alla resurser användas och skyddas på ett optimalt sätt. Idag sker undermarksbyggande mer eller mindre oplanerat så att den som först gör anspråk på utrymme under markytan ofta får förtur. Senare anspråk får anpassa sig, och då ofta till höga kostnader.

Syftet med föreliggande pilotstudie har varit att kartlägga ett områdes undermarksresurser för att bättre kunna förstå möjliga konflikter under mark samt att bättre kunna kommunicera de resurser som finns under mark. Genom att göra den typen av kartläggning är sedan målet att kunna peka ut framtida potentiella möjligheter och konflikter i undermarksnyttjandet och att kunna lyfta sådan information i en FÖP. Studien skall ses som ett första steg i en metodutveckling och den har gjorts för ett delområde runt Flatåsmotet i Göteborg som ingår i en fördjupad översiktsplan (FÖP) för Högsbo-Frölunda med Dag Hammarskjöldsleden.

Metoden som använts består av fyra steg: 1) en beskrivning av studieområdet utifrån dagens markanvändning och framtida planer, 2) en beskrivning av studieområdet utifrån allmänna geologiska förhållanden samt kartläggning av befintliga och potentiella undermarksresurser i området, samt dess kvalitet, 3) en kartläggning av vilka av de befintliga resurserna som nyttjas i dagsläget samt dess potential att nyttjas i framtiden, och 4) en analys, med hjälp av en interaktionsmatris, av hur de olika undermarksresurserna kan påverka varandra (positivt såväl som negativt) om användningen av undermarken förändras. Analysen sammanfattas slutligen utifrån olika planeringsteman: Vatten, Energi, Avfall, Transport och kommunikation, Byggnader, Grönstruktur, Kulturarv och Föroreningar. Som grund för beskrivningen av undermarkens kvaliteter har en indelning i fyra kategorier (stödjande, försörjande, reglerande, kulturella) valts. Kvalitetsindelningen i ett planeringsperspektiv bygger på en analysmetod från Nederländerna som anpassats till svenska undermarksförhållanden. Indelningen blandar sådant som traditionellt klassificeras som ekosystemtjänster och sådant som kan ses som geosystemtjänster, dvs. abiotiska ekosystemtjänster kopplade till undermarken. Det är viktigt att påpeka att arbetet huvudsakligen är utfört av forskare med geovetenskaplig och byggteknisk bakgrund. En bredare kompetensgrupp med t.ex. planarkitekter, landskapsarkitekter och ekologer hade varit fördelaktigt och inneburit en mer heltäckande analys, speciellt av de mer ekologiska och planarkitektoniska delarna.

De generella metodologiska erfarenheterna och slutsatserna är sammanfattningsvis:

- En systematisering av ”naturgivna” kvaliteter i bredare bemärkelse än ekosystem-tjänster har varit en framgångsrik teoretisk utgångpunkt för arbetet. Detta har inneburit att man lägger vikt vid såväl de biotiska som de abiotiska processerna vid markytan och i undermarken och att man uppmärksammar undermarkens olika resurser i samhällsplaneringen utifrån ett systemtjänstperspektiv. Begreppet *geosystemtjänster* kan användas för att stödja hållbar användning av undermarkens samlade resurser – det kan inte minst fungera som ett effektivt sätt att kommunicera olika aspekter av undermarken och dess värde. I ett planeringsperspektiv behöver fokus ligga på nyttan av det geovetenskapliga underlaget i form av effektiv kommunikation och som ett underlag för dialog, snarare än på underlaget eller databasen i sig.

- Till hjälp för att värdera och analysera undermarkens kvaliteter kan man dela in dessa i fyra övergripande begrepp: *stödjande, försörjande, reglerande, kulturella*. Indelningen blandar sådant som traditionellt klassificeras som ekosystemtjänster och sådant som kan ses som geosystemtjänster. Utgångsmetoden har utvecklats för planerare i Nederländerna. Genom att modifiera metoden något för svenska geologiska förhållanden har denna studie visat att det är möjligt att diskutera undermarkens olika kvaliteter och väga kvaliteterna

mot varandra för områdesspecifika förhållanden i svenska kommuner. Fortsatt arbete krävs dock för att heltäckande se över indelning och beskrivning utifrån svenska förhållanden.

- Den tillämpade metoden som testats i en fördjupad översiktsplan, FÖP, involverar tolkningsarbete i ett brett ingenjörsgeologiskt och ekologiskt perspektiv. Det innebär att en relativt stor mängd databaser och bakgrundsfakta krävs i den systematiska analysen. Erfarenheterna från projektet är att information om undermarkskonstruktioner är svårtillgängligt. Underlag gällande de mer biotiska delarna (traditionella ekosystemtjänster) har också upplevts som svårtillgängliga, men här har också arbetsgruppen saknat heltäckande kompetens. Generaliserande geovetenskapligt underlagsmaterial av olika slag är relativt lättåtkomligt via nationella databaser från SGU eller från kommunala geotekniska arkiv. Emellertid finns behov av systematiserade och digitaliserade 3D-arkiv, och olika omfattande utvecklingsprojekt pågår med sådan inriktning. Sammanfattningsvis har det använda underlagsmaterialet varit tillfredsställande för att täcka bedömningar om undermarken i en FÖP med dess informationstäthet/skala.
- För beslut i ett planeringsperspektiv måste undermarkens kvaliteter, eller geosystem-tjänsterna, integreras med verksamheter ovan jord. Genom att inordna geosystem-tjänsterna i samordningen mellan bebyggelse, infrastruktur, grönstruktur och kulturella arv har ett pedagogiskt angreppssätt använts som skall underlätta olika kommunala förvaltningars samråd. Angreppssättet innebär explicit att behov, möjligheter och kvalitativa risker diskuteras för undermarksaspekter på teman: Vatten, Energi, Avfall, Transport och kommunikation, Byggnader, Grönstruktur, Kulturarv, Föroreningar. Denna tematiska indelningsgrund för geosystemtjänster har potential att vara ett användbart tillvägagångssätt för FÖP – fördjupade översiktsplaner.
- Planering utifrån perspektivet att undermarken har flera olika resurser, funktioner och tjänster som skall hushållas med, gör undermarksplanering inte bara till en storstadsfråga utan en fråga som är relevant även för mindre kommuner där undermarksanläggningar är begränsade, men där andra kvaliteter nyttjas.

Utifrån erfarenheterna föreslås följande fördjupningar och vidareutveckling av den tillämpade metoden:

- Begreppet geosystemtjänster bör utredas vidare, dels med avseende på hur det skall definieras och beskrivas, men också i form av fördjupade studier om användbarheten som ett stöd i planering.
- Det bör vidare utredas om nya tematiska kartblad och/eller databaser kan utvecklas för att stödja undermarksplanering, utifrån perspektivet geosystemtjänster.
- Fördjupade utredningar på vilket sätt man bäst för in undermarksfrågor i ÖP, FÖP och DP, samt vilka undermarksresurser/tjänster/kvaliteter som bör prioriteras på olika planeringsnivåer bör genomföras.
- I planering och byggande görs avväganden mellan olika anspråk och det finns ett behov av att utveckla metoder och verktyg för att stödja dessa avväganden vad gäller olika anspråk specifikt på undermarken för att åstadkomma en hållbar användning av undermarken.
- En begränsning i föreliggande rapport är att informationen inte har hanterats i GIS-format för att illustrera och potentiellt kunna genomföra en bättre analys utifrån interaktionsmatrisen, vilket är ett självklart nästa steg.

SUMMARY

The subsurface can be used for a variety of purposes in the urban environment: foundations, extraction of groundwater for e.g. drinking water, storage of heat, cold and carbon dioxide; underground garages, tunnels, public areas, sports facilities. In addition, the subsurface may contain archaeological remains. Furthermore, soil and groundwater may be contaminated and need to be remediated. In the sustainable society, all resources must be managed in an optimal way. Today, underground construction is more or less unplanned, so that the person who first claims space below the ground surface is often given priority. Later claims will have to adapt, often at high costs.

The objective of the present pilot study has been to map an area's underground resources to better understand possible conflicts that exist underground and better communicate the existing underground resources. By doing this type of mapping, the goal is to be able to point out future potential opportunities and conflicts in underground use and to be able to use such information in a detailed comprehensive plan (*FÖP – fördjupad översiktsplan*). The study is a first step in a method development, and it has been carried out for an area adjacent to the Flatåsmotet interchange which is part of a detailed comprehensive plan (FÖP) for Högsbo-Frölunda with the road Dag Hammarskjöldsleden.

The method applied consists of four steps: 1) a description of the study area based on current land use and future plans, 2) a description of the study area based on general geological conditions and mapping of existing and potential underground resources in the area, and their qualities, 3) a mapping of which of the existing resources are used at present and their potential to be used in the future; and 4) an analysis, using an interaction matrix, of how the different underground resources can influence each other (positively as well as negatively) if the use of the subsurface changes. Finally, the analysis is summarized on the basis of different planning themes: Water, Energy, Waste, Transport and communication, Buildings, Green structure, Cultural heritage and Pollution. As a basis for describing the qualities of the subsurface, a division into four categories (supporting, provisioning, regulating, cultural) has been chosen. The quality classification in a planning perspective is based on a method from the Netherlands adapted to Swedish subsurface conditions. The categories include resources of the subsurface that are traditionally classified as ecosystem services and those that can be seen as geosystem services, i.e. abiotic ecosystem services, linked to the underground. It is important to point out that the work is mainly done by researchers with a geoscientific and building technology background. A broader competence group with e.g. planning architects, landscape architects and ecologists had been advantageous and entailed a more comprehensive analysis, especially of the more architectural and ecological parts.

The general methodological experiences and conclusions are summarized as follows:

- A systematisation of “natural” qualities in a broader sense than ecosystem services has been a successful theoretical starting point for the work. This has meant that emphasis is placed on both the biotic and abiotic processes on the ground and below the ground, and that the different subsurface resources are acknowledged from a system services perspective in the spatial planning. The concept of *geosystem services* can be used to support the sustainable use of the subsurface resources - not least by serving as an effective way of communicating various aspects of the subsurface and their value. In a planning perspective, focus needs to be on the usefulness of the geoscientific information as effective communication and as a basis for dialogue, rather than on the information or the database itself.
- To help assess and analyse the qualities of the subsurface, these can be divided into four overarching concepts: supportive, supportive, regulatory, cultural. The categories include resources that are traditionally classified as ecosystem services and those that can be seen as geosystem services. The starting method has been developed for planners in the Netherlands. By modifying the method somewhat for Swedish geological conditions, this study has shown that it is possible to discuss the different qualities of the subsurface and

weigh the qualities against each other for site-specific conditions in Swedish municipalities. However, continued work is required to comprehensively review the classification and description based on Swedish conditions.

- The applied method tested in a detailed comprehensive plan (FÖP), involves interpretation work in a broad engineering geological and ecological perspective. This means that a relatively large number of databases and background facts are required in the systematic analysis. The experience from the project is that information about underground constructions is difficult to access. Support for the more biotic parts (traditional ecosystem services) has also been perceived as difficult to access, but here the working group has also lacked comprehensive expertise. General geoscientific data material of various kinds is relatively easily accessible through national databases from SGU or from municipal geotechnical archives. However, there is a need for systematised and digitised 3D archives, and various comprehensive development projects are underway with such focus. In summary, the supporting material used has been satisfactory in order to cover assessments of the subsurface in a FÖP with its information density/scale.
- For decisions in a planning perspective, the subsurface qualities, or geosystem services, must be integrated with operations above ground. By integrating the geosystem services in the coordination between buildings, infrastructure, green structure and cultural heritage, a pedagogical approach has been used that aim to facilitate the dialogue between different municipal administrations. Needs, opportunities and qualitative risks are discussed for underground aspects of the themes: Water, Energy, Waste, Transport and communication, Buildings, Green structure, Cultural heritage, and Pollution. This thematic basis for geosystem services has the potential to be a useful approach for FÖP - in-depth overview plans.
- Planning based on the perspective that the underground has several different resources, functions and services to be kept in mind, makes underground planning not only a metropolitan issue but an issue that is also relevant for smaller municipalities where underground facilities are limited, but where other qualities are used.

Based on the experience, the following further studies and further development of the applied method are proposed:

- The concept of geosystem services should be further explored, partly with regard to how it should be defined and described, but also in the form of in-depth studies of its usefulness in planning.
- It should also be investigated whether new thematic maps and/or databases can be developed to support subsurface planning, from the perspective of geosystem services.
- In-depth investigations on how best to include subsurface issues in detailed plans (DP), detailed comprehensive plans (FÖP) and comprehensive plans (ÖP), as well as on which subsurface resources/services/qualities that should be handled at different planning levels.
- In planning and construction, considerations are made between different claims and there is a need to develop methods and tools to support these considerations specifically regarding the subsurface to achieve a sustainable use of it.
- One limitation in the present report is that the information has not been processed in a GIS, which is an obvious next step.

FÖRORD

Arbetet som redovisas i föreliggande rapport har genomförts inom ramen för ett större forskningsprojekt finansierat av Formas forskningsråd för hållbar utveckling (Dnr: 2016-20050) och Stiftelsen bergteknisk forskning (BeFo 385): Hållbar resursanvändning av undermarksrymden. Projektet är ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och Luleå tekniska universitet.

Några personer har bidragit i mycket hög grad till att pilotstudien har kunnat genomföras samt till att ge värdefulla kommentarer på rapportens innehåll. Victoria Svahn (geotekniker vid strategiska avdelningen på Göteborgs stad) har varit starkt bidragande till att pilotstudien har kunnat genomföras genom hjälp med information och synpunkter på arbetet, men inte minst genom att ha ett starkt intresse för att utveckla undermarksplanering som en del i den kommunala planeringen. Yevheniya Volchko (Chalmers) har kommit med värdefulla kommentarer på rapporten och dess innehåll. Ett stort tack riktas också till Fredrik Mossmark (Sveriges Geologiska Undersökning, SGU) som tog sig tid att läsa rapporten och ge viktiga kommentarer på arbetet.

Huvudförfattare och utförare av rapporten är Jenny Norrman (Chalmers), Lars O. Ericsson (Chalmers) och Nils-Petter Sköld (Chalmers). Eventuella felaktigheter i texten tillskrives författarna.

Innehåll

SAMMANFATTNING I
SUMMARY III
FÖRORD V
INNEHÅLL VII

1 INTRODUKTION 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte och omfattning 1

2 TEORETISK UTGÅNGSPUNKT – NYA PERSPEKTIV PÅ UNDERMARKEN 2
2.1 Ekosystemtjänster 2
2.2 Andra typer av tjänster från naturen – abiotiska tjänster 3
2.3 Geosystemtjänster 4
2.4 System Exploration Environment & Subsurface - SEES 8
2.5 Terminologi 9

3 INDELNING AV UNDERMARKENS KVALITETER I PILOTSTUDIEN ÖVER FLATÅS 11
3.1 Stödjande kvaliteteter 11
3.1.1 Bärförmåga och mekanisk stabilitet 11
3.1.2 Undermarkskonstruktioner 11
3.1.3 Ledningar, kablar och rör 12
3.1.4 Geoenergi: Lagring av värme/kyla 12
3.1.5 Undermarkslagring i naturliga formationer 13
3.1.6 Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk 13
3.2 Kulturella kvaliteter 13
3.2.1 Arkeologiska arkiv 13
3.2.2 Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden 14
3.2.3 Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden 14
3.2.4 Ekologisk kvalitet och diversitet - landskapsekologi 15
3.3 Reglerande kvaliteter 15
3.3.1 Ren och säker jord 15
3.3.2 Ekologisk markfunktion 15
3.3.3 Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt) 16
3.3.4 Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet) 16
3.3.5 Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet) 17
3.3.6 Markens kolbindande förmåga 17
3.4 Försörjande kvaliteter 17
3.4.1 Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga 17
3.4.2 Dricks- och processvattenresurs 18
3.4.3 Grundvattenresurs 18
3.4.4 Geomaterial och mineral 18
3.4.5 Fossila resurser 19
3.4.6 Geotermisk energi 19

4 METOD 20
4.1 Pilotstudieanalys 20
4.2 Datainsamling 20

5 STUDIEOMRÅDE 21
5.1 Dagens markanvändning 21
5.2 Framtida planer 21

6 KARTLÄGGNING AV BEFINTLIGA UNDERMARKSRESURSER 24
6.1 Geologiska förutsättningar 24
6.2 Stödjande kvaliteter 27
6.2.1 Bärförmåga och mekanisk stabilitet 28
6.2.2 Undermarkskonstruktioner 28
6.2.3 Ledningar, kablar och rör 30
6.2.4 Geoenergi: Lagring av värme/kyla 31
6.2.5 Undermarkslagring i naturliga formationer 33
6.2.6 Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk 34
6.3 Kulturella kvaliteter 34
6.3.1 Arkeologiska arkiv 34
6.3.2 Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden 35
6.3.3 Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden 35
6.3.4 Ekologisk kvalitet och diversitet 37
6.4 Reglerande kvaliteter 37
6.4.1 Ren och säker jord 37
6.4.2 Ekologisk markfunktion 39
6.4.3 Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt) 39
6.4.4 Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet) 40
6.4.5 Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet) 40
6.4.6 Markens kolbindande förmåga 40
6.5 Försörjande kvaliteter 40
6.5.1 Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga 40
6.5.2 Dricks- och processvattenresurs 40
6.5.3 Grundvattenresurs 41
6.5.4 Geomaterial och mineral 41
6.5.5 Fossila resurser 42
6.5.6 Geotermisk energi 42
6.6 Överblick 42
6.7 Datatillgänglighet 45

7 ANALYS AV KONFLIKTER OCH SYNERGIER 47
7.1 Interaktionsmatris: synergier och konflikter 47
7.2 Vatten 49
7.2.1 Behov i området 49
7.2.2 Möjligheter och innovationer 49
7.2.3 Risker kopplat till utveckling av området 50
7.3 Energi 50
7.3.1 Behov i området 50

7.3.2 Möjligheter och innovationer 50
7.3.3 Risker kopplat till utveckling av området 50

7.4 Avfall 51
7.4.1 Behov i området 51
7.4.2 Möjligheter och innovationer 51
7.4.3 Risker kopplat till utveckling av området 51

7.5 Transport och kommunikation 51
7.5.1 Behov i området 51
7.5.2 Möjligheter och innovationer 51
7.5.3 Risker kopplat till utveckling av området 52

7.6 Byggnader 52
7.6.1 Behov i området 52
7.6.2 Möjligheter och innovationer 52
7.6.3 Risker kopplat till utveckling av området 53

7.7 Grönstruktur 53
7.7.1 Behov i området 53
7.7.2 Möjligheter och innovationer 53
7.7.3 Risker kopplat till utveckling av området 54

7.8 Kulturarv 54
7.8.1 Behov i området 54
7.8.2 Möjligheter och innovationer 54
7.8.3 Risker kopplat till utveckling av området 54

7.9 Föroreningar 54
7.9.1 Behov i området 54
7.9.2 Möjligheter och innovationer 54
7.9.3 Risker kopplat till utveckling av området 55

8 DISKUSSION 56

9 SLUTSATSER OCH FRAMTIDA ARBETE 59

10 REFERENSER 61

BILAGA 1 FOTOGRAFIER FRÅN PILOTSTUDIEOMRÅDET 65

BILAGA 2 INTERAKTIONSMATRIS 70

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Volymen under ytan – eller undermarksrymden – kan i den urbana miljön användas för en mängd olika ändamål. Förutom till den självklara funktionen grundläggning, är exempel på användningsområden uttag av grundvatten för till exempel dricksvatten, lagring av värme, kyla och koldioxid, anläggningar under markytan t.ex. garage, tunnlar, offentliga utrymmen, sportanläggningar. Dessutom kan undermarken innehålla arkeologiska lämningar, och jord och grundvatten kan vara förorenat och behöva saneras. I det hållbara samhället måste alla resurser användas och skyddas på ett optimalt sätt. Undermarksbyggande är en viktig pusselbit för att kunna bygga den hållbara staden men idag sker undermarksbyggande mer eller mindre oplanerat så att den som först gör anspråk på utrymme under markytan ofta får förtur. Senare anspråk får anpassa sig, och då ofta till höga kostnader. Urbanisering och förtätning av städer leder till att man idag i högre utsträckning behöver bygga på och i mark som redan tidigare varit exploaterad och bär spår av detta, samt att man idag vill utnyttja områden som är väsentligt mer utmanande med avseende på undermarksförutsättningar. Detta innebär att det idag är mycket mer komplext att bygga i tätorter, vilket ställer stora krav på hur man planerar och genomför bygg- och anläggningsprojekt. Nuvarande lagstiftning möjliggör men vägleder inte kommuner att planera för ett effektivt utnyttjande av undermarken.

Forskningsprojektet "Hållbar resursanvändning av undermarksrymden" har syftat till att (1) öka kunskapen omkring hur det som finns under markytan påverkar planeringen av bebyggelse ovan markytan, och (2) att utveckla verktyg för en systematisk och effektiv planeringsprocess för hållbart utnyttjande av undermarken. Projektet har varit finansierat av Formas inom utlysningen ”Hållbart samhällsbyggande” (Dnr 2016-20050) samt av BeFo – Stiftelsen bergteknisk forskning (BeFo 385) under perioden 2017 – 2020. Projektet har letts från Chalmers, med deltagare från Chalmers och Luleå tekniska universitet.

Inom ramen för projektet har Göteborgs Stad varit en fallstudiekommun. Med start 2018 arbetade stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad med att ta fram en ny översiktsplan (ÖP) för att ersätta den tidigare från 2011. Under tiden för detta arbete hade forskningsprojektet möjlighet att göra parallella studier. En av dessa har varit inriktad mot metodutveckling för att kunna bättre hantera och integrera undermarksfrågor i ÖPn. I denna rapport redovisas en första utforskande del i det arbetet.

1.2 Syfte och omfattning

Syftet med föreliggande pilotstudie har varit att kartlägga ett områdes undermarksresurser för att bättre kunna förstå möjliga konflikter under mark samt att bättre kunna kommunicera de resurser som finns under mark. Genom att göra den typen av kartläggning är sedan målet att kunna peka ut framtida potentiella möjligheter och konflikter i undermarksnyttjandet och att kunna lyfta sådan information i en FÖP. Pilotstudien har genomförts för ett delområde runt Flatåsmotet som ingår i en fördjupad översiktsplan (FÖP) för Högsbo-Frölunda med Dag Hammarskjöldsleden som skall arbetas fram inom ramen för Göteborgs stads nya ÖP.

Arbetet har varit utforskande och pilotstudien har utförts som ett första steg i en metodutveckling. Det innebär att arbetet som redovisas i rapporten inte är en slutprodukt, utan en delrapportering av pågående arbete. Rapporten avslutas därför med rekommendationer om framtida arbete.

2 Teoretisk utgångspunkt – nya perspektiv på undermarken

2.1 Ekosystemtjänster

För att bättre förstå vilka konsekvenser förändringar i jordens ekosystem får för människors välbefinnande, samt att hitta en vetenskaplig grund för vilka åtgärder som är nödvändiga för att kunna skydda och bevara jordens ekosystem, initierades den s.k. Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) av FN. Utredningen konstaterar i stora drag att människans påverkan på ekosystemen har under de senaste fem decennierna blivit alltmer påtaglig. Trots att vi har fått stor nytta i form av ökat välbefinnande och ekonomiska vinster, har detta skett på bekostnad av skadade ekosystem och att fattigdom hos vissa grupper av människor har förvärrats. Man konstaterar också att fortsatt negativ påverkan på ekosystemen kommer medföra att framtida generationer inte kan dra nytta av de tjänster vi får från dessa och att det krävs kraftfulla förändringar av riktlinjer, institutioner och inom praxis med att skydda och förstärka jordens ekosystem (se t.ex. MEA; 2020).

Utredningen har i grunden ett antropocentriskt perspektiv och har just fokus på vilka tjänster människan får av ekosystemen. Mycket arbetet har bedrivits sedan MEA, bland annat med hur man kan beskriva de tjänster människan får från ekosystemen, d.v.s. ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster beskrivs och klassificeras på lite olika sätt, men en vanligt använd indelning är i fyra olika kategorier: stödjande tjänster, försörjande tjänster, reglerande tjänster och kulturella tjänster (MEA, 2005; Naturvårdsverket, 2015).

- *Stödjande tjänster* syftar till naturens mest grundläggande ekosystemtjänster, som t.ex. vattnets kretslopp, fotosyntesen och jordmånsbildning, vilka skapar förutsättningarna för ekosystemet att förse oss med alla övriga ekosystemtjänster.
- *Försörjande tjänster* syftar till produktionen av produkter eller funktioner vilka är direkt erhållna från ekosystemet, som t.ex. virke, foder, gödsel, vatten, eller energi från exempelvis vattenkraft eller biobränslen.
- *Reglerande tjänster* syftar till de förmåner som erhålls från ett fungerande ekosystems reglering av dess omgivande miljö, t.ex. kolbindning, klimatreglering, nedbrytning av avfall, sjukdomshantering samt vatten- och luftrening.
- *Kulturella tjänster* syftar till de delar av ekosystemet som bidrar med kulturellt värde och rekreationsvärde, t.ex. landskaplig estetik, kulturarv, andlig betydelse eller vilka möjligheter det ger till ett rikt friluftsliv

Under 2012 beslutade den svenska regeringen att betydelsen av biologisk mångfald och värdet av ekosystemtjänster senast 2018 skall vara allmänt kända och integreras i samhälleliga beslut där så är skäligt (SOU, 2013). Sedan dess har ett flertal arbeten gjorts av myndigheter, kommuner och andra organisationer för att åstadkomma detta. Görlin et al. (2017) ger argument för att i högre grad ta hänsyn till ekosystemtjänster när planer, strategier, investeringar och beslut skall tas. De menar att värdet av ekosystemtjänster inte har något särintresse utan att det angår oss alla. Naturvårdsverket (2015) presenterar en guide för värdering av ekosystemtjänster. Boverket har sammanställt material för att ge vägledning och metoder för att arbeta med ekosystemtjänster i planering inom ramen för PBL (Boverket, 2018) och flera kommuner har nu speciella handläggare som har som uppdrag att kartera, bevaka och integrera ekosystemtjänster i planeringen. Sedan 2012 har alltså begreppet ekosystemtjänster uppmärksammats i Sverige (och internationellt) och används i högre grad i beslut, planering och utformning av olika miljöer.

2.2 Andra typer av tjänster från naturen – abiotiska tjänster

Ekosystemtjänster definieras av att det är alla produkter och tjänster som *naturens ekosystem* ger människan och som bidrar till vår välfärd och livskvalitet, det handlar alltså om naturens växter och organismer. Om man vill titta på andra typer av tjänster som vi människor nyttjar från naturen är det inte alltid begreppet ekosystemtjänster är tillräckligt. Detta uppmärksammas t.ex. i kartläggningen av grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden (Söderqvist et al., 2014) på uppdrag av SGU, där man väljer att använda begreppet grundvattentjänster eftersom flera av de tjänster som grundvattnet tillhandahåller är enbart av fysikalisk natur. Grundvattnets ekosystemtjänster är alltså bara en delmängd av grundvattentjänsterna. Det uppmärksammas även av van der Meulen et al. (2016) som pekar på vikten av att inkludera de abiotiska delarna av naturens processer i konceptet ekosystemtjänster. Att inte göra det riskerar att negligera viktiga tjänster från naturen, och artikeln lyfter just undermarksplanering och användning av grundvattenresurser som områden som förbises om inte även de fysikaliska delarna inkluderas i begreppet ekosystemtjänster.

Går man tillbaka till de Groot (1992) som bidrog starkt till konceptet ”Functions of Nature” och senare även konceptet ekosystemtjänster, så listar de Groot både biotiska och abiotiska funktioner, se Figur 2-1.

Table 1
Functions of natural environments

Environmental function defined...
"the capacity of natural processes and components to provide goods and services that satisfy human needs" (p. 7)

Regulation functions
1. Protect against harmful cosmic influences
2. Regulate local and global energy balance
3. Regulate atmoshpere's chemical composition
4. Regulate oceans' chemical composition
5. Regulate local and global climate
6. Regulate runoff and prevent flooding
7. Water catchment and groundwater recharge
8. Prevent soil erosion and control sediment
9. Form topsoil and maintain soil fertility
10. Fix solar energy and produce biomass
11. Store and recycle organic matter
12. Store and recycle nutrients
13. Store and recycle human wastes
14. Regulate biological control mechanisms
15. Maintain migration and nursery habitats
16. Maintain biological and genetic diversity

Carrier functions
providing space and suitable substrate for...
1. Human habitation and (indigenous) settlements
2. Cultivation (crops, animals, aquaculture)
3. Energy conversion
4. Recreation and tourism
5. Nature protection

Production functions
1. Oxygen
2. Water
3. Food and nutritious drinks
4. Genetic resources
5. Medicinal resources
6. Materials for clothing and household fabrics
7. Materials for construction and industrial use
8. Biochemicals
9. Fuel and energy
10. Fodder and fertilizer
11. Ornamental resources

Information functions
1. Aesthetic information
2. Spiritual and religious information
3. Historic information (heritage value)
4. Cultural and artistic inspiration
5. Scientific and educational information

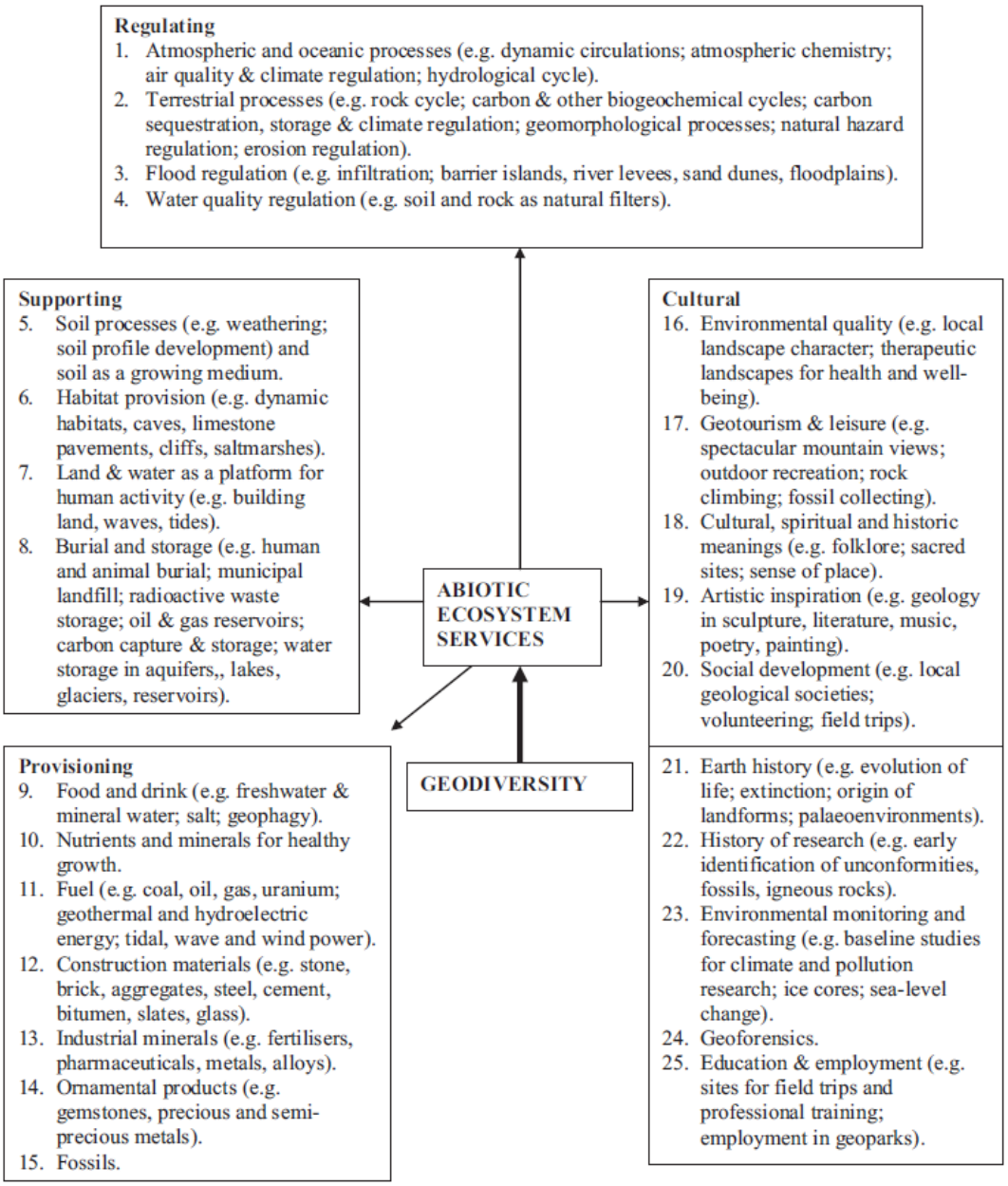
Source: Table 2.0-1, de Groot, 1992.

Figur 2-1. Indelning av naturens funktioner av de Groot i boken Functions of Nature från 1992 (Ruitenbeek, 1995).

Och just i analogi med resonemanget omkring grundvattentjänster kan man fundera över undermarkens tjänster. Här är det tydligt att alla dessa tjänster inte är beroende av organismer och växter, utan kan vara av mer fysikalisk natur, t.ex. utvinning av olika råvaror och energi, undermarken tillhandahåller bärförmåga och utrymme under markytan. På samma sätt som en inventering och beskrivning av ekosystemtjänster har bidragit till att ta större hänsyn till dessa i samhället, finns det en potential att uppmärksamma undermarkens olika resurser utifrån ett systemtjänstperspektiv för att lyfta frågan om att hushålla med dessa.

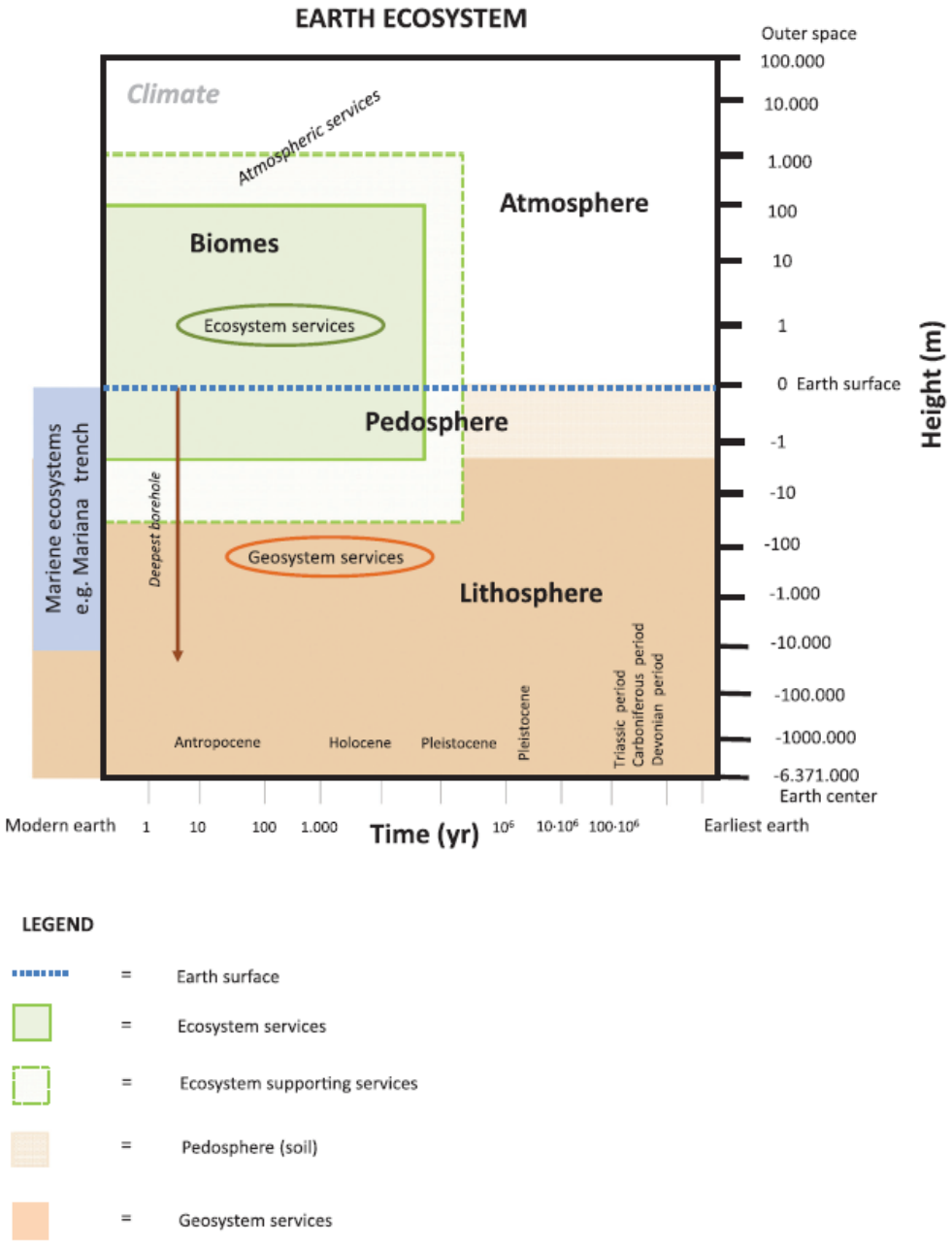
2.3 Geosystemtjänster

Tidiga arbeten från Storbritannien omkring geodiversitet har också uppmärksammat problemet med att ekosystemtjänster tenderar att utelämna en stor mängd abiotiska processer som fungerar som tjänster för människan och har byggt sitt arbete bland annat på de Groots arbete från 1992 (Webber et al., 2006, Gray 2011; 2012; Gray et al., 2013). Gray (2011) använder begreppet ”geosystem services” (geosystemtjänster) även om det i senare publikationer refereras till ”abiotic ecosystem services” (abiotiska ekosystemtjänster). I Gray et al. (2013) har indelningen utvecklats och anpassats till samma typologi som används för ekosystemtjänster, se



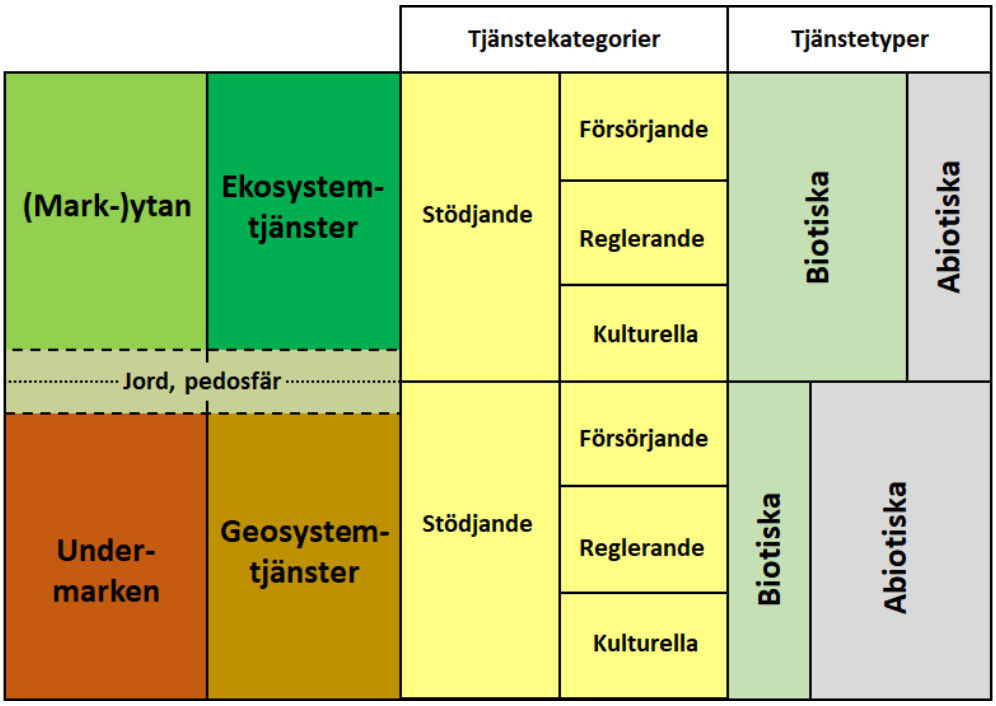
Figur 2-2. Abiotiska ekosystemtjänster (Gray et al., 2013). Författarna påpekar att inom de kulturella tjänsterna kan man betrakta de tjänster som finns under strecket som ”Knowledge services”.

De senaste åren har van Ree & Beukering (2016) och van Ree et al. (2017) utgått från begreppet ”Geosystem services” och utvecklat det vidare just för att stödja hållbar hushållning av undermarksresurser. I van Ree & Beukering (2016) introducerar de konceptet geosystemtjänster och utgår från rum/skala och tid för att beskriva skillnaden gentemot ekosystemtjänster.



Figur 2-3. Förslag på att positionera begreppet geosystemtjänster i tid och rum (van Ree & Beukering, 2016).

I van Ree et al (2017) görs en litteraturgenomgång med syftet att analysera om och hur undermarken har hanterats inom begreppet ekosystemtjänster. Litteraturgenomgången visar att varor och tjänster från undermarken är underrepresenterade i nutida litteratur om ekosystemtjänster och rekommendationerna från studien är bl.a. att integrera geovetenskaper inom arbetet med ekosystemtjänster och att begreppet behöver lyftas fram i vetenskap och praktik (policy) för att synliggöra värdet av undermarken. Studien visar en mer schematiserad bild av Figur 2-3, se Figur 2-4. De ger också ett första förslag på de olika typer av geosystemtjänster som direkt nyttjas av människan och kategorisering av dessa, se Figur 2-5.



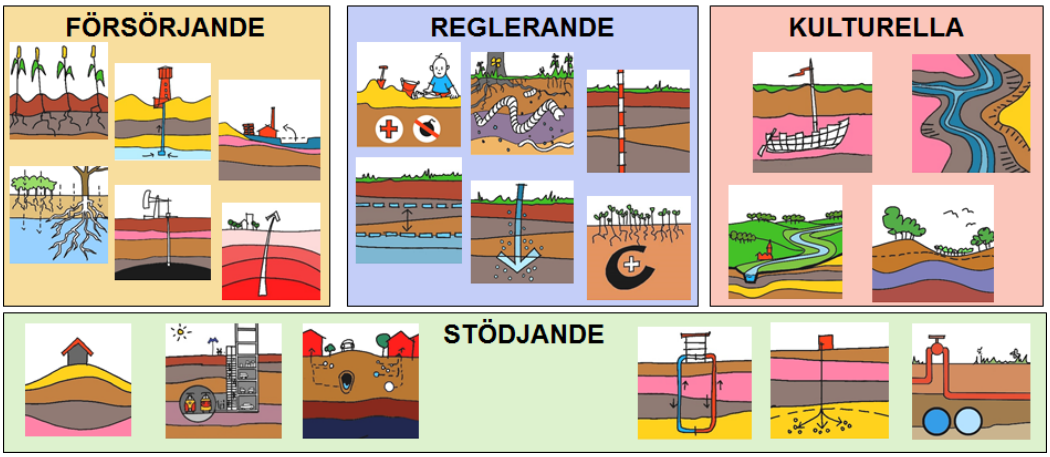
Figur 2-4. Ramverk för "Jordens tjänster", föreslaget av van Ree et al. (2017). Översättning av författarna.

Geosystem services category and roles	Subcategory
Regulating and maintenance – component in life-support systems – buffering geochemical, physical processes – intrinsic properties e.g. parent material to soil formation – subsurface space and infrastructure – space for foundations on/in the subsurface	Physical processes (erosion/deposition, thermal storage, seepage, filtration) Bio-geochemical processes (buffering capacity, carbon sequestration) Stability, bearing capacity, virgin material stocks Human settlement, space for public and commercial use Storage of energy and materials e.g. waste, CO_2, oil, gas in caverns, former oil- and gasfields Space for infrastructure & foundations Medium for stable constructions (stable foundations) Biological habitat (e.g. Troglo- and stygofauna, bacteria)
Provisioning – source of natural materials (earth materials) – source of (clean) groundwater	Fresh groundwater Brackish/salt groundwater Base metals Iron Precious metals Rare metals Construction materials Chemical materials Fuel minerals (geo-)thermal energy
Cultural/Information – archive of historical and geological heritage	Geodiversity Landscape

Figur 2-5. Förtydligande av de geosystemtjänster som direkt nyttjas av människan enligt van Ree et al. (2017). Stödjande tjänster är normalt sätt inte sådana tjänster som nyttjas av människan direkt utan snarare indirekt, då dessa stödjer ekosystemen (här: geosystemen).

Utifrån planeringsperspektiv har det också tagits initiativ omkring undermarkens tjänster, biotiska såväl som abiotiska. En grupp nederländska planerare (http://www.ruimtexmilieu.nl/) har haft som utgångspunkt att undermarken har olika kvaliteter och att de kan kategoriseras på samma sätt som ekosystemtjänster. De har visualiserat varje typ av kvalitet med en ikon, se Figur 2-6.

Försörjande kvaliteter	Reglerande kvaliteter	Kulturella kvaliteter	Stödjande kvaliteter
Markens bio-producerande förmåga	Ren och säker jord	Arkeologiska arkiv	Bärförmåga och mekanisk stabilitet
Dricks- och processvattenresurs	Ekologisk markfunktion	Geoarkiv: geologiskt arv eller geologiska naturvärden	Undermarks-konstruktioner
Grundvattenresurs	Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt)	Landskaplig kvalitet och diversitet - landskapstyper	Ledningar, kablar och rör
Geomaterial och mineral	Vattenfördröjnings-förmåga (volym/kvantitet)	Ekologisk kvalitet och diversitet - landskapsekologi	Geoenergi: lagring av värme och kyla
Fossila resurser	Vattenfiltreringsförmåga/ kapacitet (kvalitet)		Undermarkslagring i naturliga formationer
Geotermisk energi	Markens kolbindande förmåga		Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk

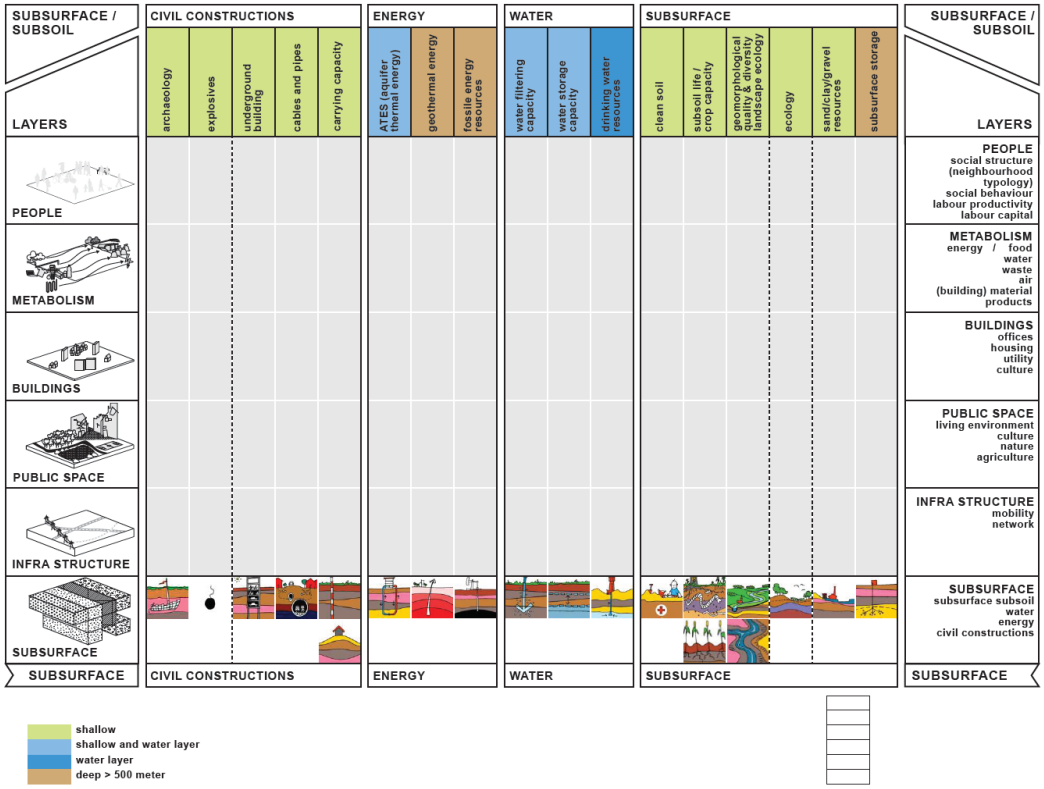


Figur 2-6. Illustration av det förslag på beskrivning av undermarkens olika kvaliteter och kategorisering som Ruimtemettoekomst.nl[1] (2018) har. Ikonerna längst ned är från ruimtexmilieus hemsida. För att förtydliga de olika typerna av tjänster ges ett förslag på indelning i traditionella (biotiska) ekosystemtjänster, markerat i ***grönt****, och andra som abiotisk (eko)systemtjänster, markerat i* ***brunt****. Några tjänster i indelningen nedan skulle man kunna tänka sig inte är helt renodlat biotiskt eller abiotiskt men färgsättningen har då gjorts utifrån hur det i huvudsak ser ut. Översättningen och tolkningen från nederländska är författarnas egna.*

[1] http://www.ruimtexmilieu.nl/. 2018-08-29.

2.4 System Exploration Environment & Subsurface - SEES

System Exploration Environment & Subsurface (SEES) är en metod och ett verktyg som stödjer och dokumenterar kunskapsutbyte mellan experter inom olika områden. Metoden ger en översikt över det urbana systemet – den relaterar lagren ovan markytan (människor, cykler/metabolism, byggnader, offentliga utrymmen och infrastruktur) till undermarkens tjänster eller kvaliteteter. Indelningen i undermarkens kvaliteter bygger på den beskrivning som gjorts av ”Ruimte met toekomst”, men är i SEES indelad i fyra teman: civila konstruktioner, energi, vatten och (under)mark (Figur 2-7). Syftet med metoden är att i tidiga skeden kunna beskriva möjligheter och svårigheter för att planlägga ett område genom att underlätta för projektgruppen att ha en dialog mellan olika experter: experter på de tekniska och naturgivna förutsättningarna på och under markytan och experter på planer som tar hand om de socio-ekonomiska behoven ovan markytan (Hooimeijer & Maring, 2018). Genom att göra detta i tidiga skeden ökar man förutsättningen för att hitta kostnadseffektiva och smarta lösningar som hanterar undermarksförutsättningarna på platsen.



Figur 2-7. Metoden och verktyget SEES - System Exploration Environment & Subsurface. (Hooimeijer & Maring, 2018)

SEES-verktyget används i workshop-format för ett specifikt område som skall utvecklas. Den generella workshop-processen beskrivs på engelska på en hemsida (https://publicwiki.deltares.nl/display/SEES/HOME+English). Grundtanken är att den här typen av kunskapsutbyte gör sig bäst genom direkt kommunikation omkring ett specifikt område.

2.5 Terminologi

Här är det på sin plats att förtydliga vad vi i rapporten avser med olika termer.

Markytan är den synliga ytan som skiljer utrymmet ovan markytan (atmosfären) från utrymmet som finns från ytan och nedåt (geosfären).

Undermarken är den volym som finns under markytan och utgörs av alla (geologiska) material och bildningar från markytan och nedåt. I urban miljö finns det gott om fyllnadsmaterial som då kan betraktas som att dessa hör till undermarken. Den övre delen av undermarken består i naturliga jordar av pedosfären som är den del av geosfären där jordmånsbildande markprocesser sker. I pedosfären återfinns tjänster som normalt innefattas av ekosystemtjänster och det som innefattas av abiotiska (eko)systemtjänster återfinns i huvudsak i djupare lager i undermarken (se Figur 2-4).

Mark är i dagligt tal ett mycket vitt begrepp och innefattar vanligtvis både markyta och det som finns under markytan, dvs undermarken. Ofta avses dock endast de övre lagren i undermarken att höra till detta begrepp. Begreppet används i flera ordkonstruktioner, t.ex. markanvändning, jordbruksmark, våtmark, marklära.

Andra begrepp är funktioner, tjänster, varor, resurs, kvalitet. Förklaringarna här i rapporten baseras delvis på terminologin kopplad till ekologiska markfunktioner utvecklad i Volchko et al. (2013), som i sin tur är ett resultat av en bred litteraturgenomgång. Följande förklaringar är dock anpassade till ett undermarksperspektiv.

Kvaliteter är ett begrepp som är vanligt använt inom samhällsplanering och kopplar till kvaliteter man vill uppnå men som man eventuellt behöver göra avvägningar mellan. Kvaliteter kan vara vegetation, topografi för fria ytor och inom trafikplanering t.ex. kvaliteter såsom stadens karaktär, tillgänglighet och trygghet.

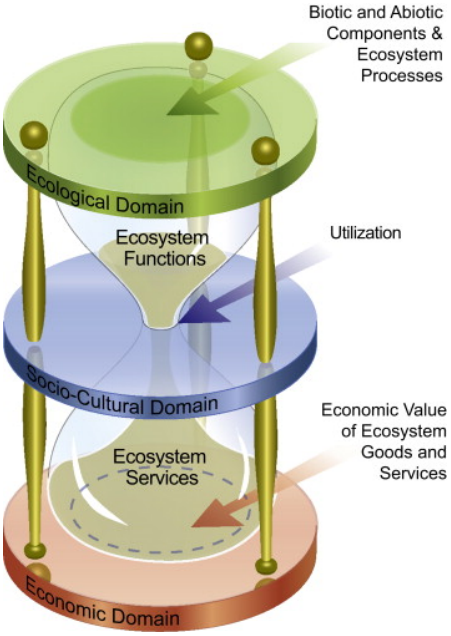
En *funktion* som naturen tillhandahåller är helt enkelt vad naturen gör/är/har i sitt naturliga tillstånd. Funktionen är ett resultat av de naturliga processer som sker i naturen, såväl biotiska processer där levande organismer är involverade som abiotiska processer som är rent fysikaliska-kemiska. Exempel på processer som sker är geologiska processer som bildar olika berg- och jordarter, eller olika processer i vattnets kretslopp.

En *tjänst* som naturen tillhandhåller är en funktion i naturen som människan använder – direkt eller indirekt (medvetet eller omedvetet). Det innebär att funktioner blir tjänster så snart vi nyttjar dessa, t.ex. när vi utvinner malm eller andra mineral, när vi använder mark för att bedriva jordbruk, eller när vi använder grundvatten som dricksvatten och indirekt nyttjar naturens förmåga att filtrera och rena vatten.

Ibland delas naturens tjänster upp i två kategorier: *varor och tjänster*. Varor är då ofta sådant man utvinner (t.ex. timmer, vatten och geomaterial) och tjänster är mer kopplat till en indirekt användning (t.ex. rening av luft och vatten, nedbrytning av farliga ämnen och skydd mot översvämningar). I det nederländska nationella policydokumentet (STRONG, 2016) om undermarkens värde väljer man att dela upp undermarkens funktioner i varor och tjänster. Varor betraktas som de icke förnybara naturresurser som finns i undermarken och tjänster som sådant man kan nyttja om och om igen givet att naturens processer får fortsätta tillhandahålla dessa tjänster. I dokumentet menar man att för att ha en hållbar användning av undermarken så behöver man hitta en balans mellan att exploatera undermarkens varor och att skydda dess tjänster.

En *resurs* är brett definierat som en tillgång. När vi pratar om naturresurser så delas dessa ofta in i förnybara och icke förnybara, vilket på samma sätt som det nederländska policydokumentet anger att det finns en hushållningsaspekt på resurser. Undermarkens olika funktioner kan ses som potentiella naturresurser oavsett om de används (i så fall tjänster) eller inte (i så fall funktioner).

Volchko et al. (2013) använde sig av en timglasmodell för att illustrera begreppen funktion, resurs och tjänst kopplat till de tre hållbarhetsdimensionerna (ekologisk, social, ekonomisk), se Figur 2-8.



Figur 2-8. Hållbarhetstimglas (Volchko et al., 2013). I den ekologiska dimensionen återfinns naturens (eller här ekosystemens) funktioner som ett resultat av naturliga processer. Så snart de används i den sociala dimensionen av oss människor blir de till tjänster, och när dessa tjänster har ett ekonomiskt värde så återfinns dessa i den ekonomiska dimensionen. Flaskhalsen i timglaset är nyttjandet – en vid hals riskerar ett överutnyttjande av naturens resurser. När man skall hushålla med naturens resurser kan man se det som att man vänder på timglaset och gör investeringar för att skydda och bevara naturens resurser.

3 Indelning av undermarkens kvaliteter i pilotstudien över Flatås

Som grund för pilotstudien har indelningen gjord av http://www.ruimtexmilieu.nl/ använts eftersom den är gjord utifrån ett planeringsperspektiv. Beskrivning av kvaliteter har dock anpassats något till svenska förhållanden när utgångsmaterialet har översatts och tolkats från nederländskan och från nederländska förhållanden. Indelning av undermarkens olika kvaliteter i fyra kategorier (stödjande, försörjande, reglerande, kulturella) redovisas i de följande avsnitten. Indelningen blandar sådant som traditionellt klassificeras som ekosystemtjänster och sådant som kan ses som geosystemtjänster, dvs. abiotiska ekosystemtjänster. De små ikonerna som visas för varje avsnitt är framtagna av http://www.ruimtexmilieu.nl/.

3.1 Stödjande kvaliteteter

Stödjande ekosystemtjänster syftar till naturens mest grundläggande ekosystemtjänster, som t.ex. vattnets kretslopp, fotosyntesen och jordmånsbildning, vilka skapar förutsättningarna för ekosystemet att förse oss med alla övriga ekosystemtjänster. Översatt till undermarken kan stödjande kvaliteter ses som en stödjande kvalitet för att kunna bygga på markytan och i undermarken samt som en stödjande kvalitet för att kunna lagra material och energi.

3.1.1 Bärförmåga och mekanisk stabilitet

Olika typer av jord och berg har olika god bärförmåga och stabilitet, och ger därför olika förutsättningar för byggande på och under markytan. Jord har olika bärförmåga, sättningsegenskaper och skred- och raskänslighet, dels beroende av jordart och jordartsdjup, men också beroende av geologisk historia, topografi och omgivande mark. Likaså har berg olika bärförmåga och stabilitet, som dels beror på bergart, vilka bergspänningar som finns samt av hur mycket sprickor det förekommer, vilken orientering sprickorna har samt eventuella deformationszoner, framförallt spröda sådana. Det spelar roll både för grundläggning av byggnader och konstruktioner ovanför markytan, men också under, samt bergskärningar. Vilket djup som är aktuellt är helt beroende på var man bygger: från 0 m under markytan och nedåt.

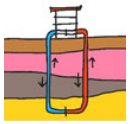
3.1.2 Undermarkskonstruktioner

Det finns en stor mängd olika typer av undermarkskonstruktioner: transportinfrastruktur (tunnlar) av olika slag, offentliga anläggningar, shoppingcentrum, garage, lagringsutrymmen (av farligt material – kvicksilver, radioaktivt avfall, energi – hetvattenlager och kylvattenlager, dagvattenmagasin, gods och varor), och säkerhetsanläggningar. Anledningen att förlägga saker under markytan kan vara av olika skäl: att man vill skydda eller gömma anläggningar eller att man vill skapa utrymme ovanför markytan för mer attraktiv miljö där. I större städer bygger man i högre grad ner trafikinfrastruktur, dels för att skapa mer utrymme för de många trafikslagen, men också för att ge möjlighet för andra mer trivsamma funktioner ovanför markytan. I Sverige använder man sig traditionellt av bergrum för att lagra olja och det finns ett långtgående program för djupförvar av kärnavfall. Djupet är beroende på funktion: från 0 m under markytan och ned till 100 m kan betraktas som normalt intervall.

3.1.3 Ledningar, kablar och rör

Infrastruktur för el, internet, vatten, avlopp, värme/kyla, gas, avfall är vanligtvis i form av olika nedgrävda ledningar, kablar och rör. Vanligen grävs den här typen av infrastruktur ned i så stor utsträckning som möjligt, framförallt i tätbebyggda områden. Nedgrävning sker både för att skydda infrastrukturen men också för att gömma den för att skapa en trevligare miljö på markytan, d.v.s. man utnyttjar undermarken för att skapa extra utrymme. Man kan förlägga vissa ledningar i tunnelkonstruktioner också, dessa räknas då som undermarkskonstruktioner istället.

Omläggning, underhåll och reparationer av olika typer av ledningar sker regelbundet till relativt stora belopp årligen, men är inte alltid samordnat mellan olika aktörer. Olägenheter som kan uppstå i samband med detta är t.ex. trafikomläggningar, lukt eller avbrott i leverans av olika tjänster, vilket också kan innebära stora samhällskostnader. Mer och mer försök görs internationellt med så kallade *MUT - multi-utility tunnels* där man samförlägger ledningar och kablar i tunnlar (då det istället blir en undermarkskonstruktion). Exempel på sådan i Sverige finns i Valla-staden i Linköping från Bomässan 2018. Ett annat exempel på synergi mellan undermark och ytan är nedgrävda högspänningsledningar och möjligheten att utnyttja värmeledning för att få isfria cykelbanor eller i framtiden kanske även bilvägar. Vanligtvis ligger ledningar, kablar och rör från ganska ytligt, ca 1 m under markytan ned till ca 7 m, men även större djup kan förekomma.



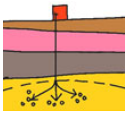
3.1.4 Geoenergi: Lagring av värme/kyla

När man använder geoenergi utnyttjar man framförallt den övre delen av marklagren som påverkas av solens energi, men även djupare lager som har viss påverkan från den geotermiska gradienten (dock är den normalt liten). I Sverige brukar man tala om ytnära geotermisk energi som benämning på system som framförallt använder geoenergi från ytliga lager (d.v.s. solenergi lagrat i berg och jord). Med hjälp av värmepumpar levereras energin vid temperaturnivåer anpassade till byggnaders behov.

Geoenergi, eller ytnära geotermisk energi, är en förnyelsebar energikälla och finns som en mängd olika system. Man skiljer på passiva och aktiva system, där passiva system innebär att endast den värme som finns naturligt utnyttjas, medan aktiva system är sådana där både värme och kyla tas ut och i och med detta förstärks återladdningen och man får säsongslagring av värme och kyla. Exempel på aktiva system är: akviferlager (ATES: Aquifer Thermal Energy Storage) och borrhålslager (BTES: Borehole Thermal Energy Storage). ATES utnyttjar grundvatten som energibärare, men i BTES lagrar man värme/kyla i en större bergmassa. Geoenergi, och speciellt sådana system som man återladdar, är en förnybar form av energi som kan vara en viktig del i samhällets omställning till förnybara energislag.

När man lagrar värme och/eller kyla använder man markens eller grundvattnets förmåga att lagra värme och kyla för att ta upp det igen när man behöver värme eller kyla. Ibland är det aktiva systemet utformat så att man bara återför värme eller kyla då man har överskott på ytan, t.ex. varma sommardagar så kyler man hus genom att pumpa ner värme i sitt geoenergi-system, d.v.s. man gör en ”återladdning” av marken/grundvattnet och lagrar därmed energi som kan tas ut senare vid behov, d.v.s. under den kallare delen av året. Generellt sett är det mer effektivt att utnyttja grundvattnets förmåga att lagra värme och kyla. Energibrunnar i kristallint berg borras vanligen vertikalt från ytan, ned till ibland flera hundra meter. Normalt intervall är 0 – 200 m.

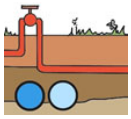
3.1.5 Undermarkslagring i naturliga formationer



Det finns olika former för undermarkslagring, dels genom att utnyttja befintliga håligheter, dels genom konstruerade. I det här sammanhanget sorteras de konstruerade under kategorin undermarkskonstruktioner. Men man kan också lagra andra saker såsom t.ex. naturgas och koldioxid i sediments eller bergarters naturliga porutrymme (primärt och sekundärt). De bergarter som har stor tillgänglig porositet, tillräcklig för effektiv lagring av olika ämnen undermark, är framförallt sedimentära bergarter. Sedimentära bergarter har ofta både en primär porositet (d.v.s. porerna mellan de ingående kornen) och en sekundär porositet (spricksystem). Sedimentära bergarter är inte lika vanligt förekommande i Sverige, men finns bland annat i södra delarna av Sverige.

Lagring av koldioxid i undermarken är ett sätt att minska de storskaliga utsläppen av koldioxid till atmosfären. Naturgas lagras ofta för att kunna jämna ut marknadssvängningar för länder som importerar naturgas. För att kunna lagra både naturgas och koldioxid i undermarken behöver det dels finnas en bergart/en formation med tillräckligt hög effektiv porositet, men också tillgång till täta bergarter/lager ovanför för att förhindra att det lagrade ämnet smiter iväg. Det behöver också kunna lagras på tillräckligt stort djup för att koldioxiden skall uppföra sig mer likt en vätska än en gas (d.v.s. tillräckligt högt tryck). Lagring sker ofta i t.ex. tömda oljeförande formationer, kolbärande lager, saltkaverner (bergrum i saltdomer[2]) eller akviferer. Lagring i naturliga formationer sker typiskt på stora djup (ca 800 m), men man behöver borra ner från ytan för att kunna injektera den aktuella gasen.

3.1.6 Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk



Regionalt och nationellt viktig infrastruktur för t.ex. gas, olja, kemikalier, industrivatten indelas i det nederländska förslaget som en kategori för sig eftersom det är långsträckta system som vanligtvis har annat administrativt system än ledningar, kablar och rör som försörjer mindre områden. Nedgrävning av pipelines sker både för att skydda infrastrukturen men eftersom det ofta rör sig om farliga ämnen kan detta också skapa restriktioner gällande markanvändning ovanför markytan.

3.2 Kulturella kvaliteter

Kulturella ekosystemtjänster, eller informativa tjänster, syftar till de delar av ekosystemet som bidrar med kulturellt värde och rekreationsvärde, t.ex. landskaplig estetik, kulturarv, andlig betydelse eller vilka möjligheter det ger till ett rikt friluftsliv. Översatt till undermarken innebär detta sådan information och sådant kulturarv som finns lagrat i undermarken och i markytans former.

3.2.1 Arkeologiska arkiv

Arkeologiska lämningar har ett ganska starkt skydd i lagstiftning, och finns av varierande ålder och typ. Arkeologiska lämningar kan ofta orsaka problem (byggstopp och fördröjningar) i byggnation, men är ett värdefullt arkiv för att förstå människans historia. Arkeologiska element kan användas i utformningen av områden för att lyfta fram historien och att ge ökade kvaliteter till ett område. Ofta finns städer på historiskt viktiga platser och man hittar ofta arkeologiska

[2] I Sverige finns inga saltdomer. Definitionsmässigt skall eventuellt den typen av formationer hanteras som undermarkskonstruktioner.

fyndigheter i centralt belägna delar av städer. Arkeologiska lämningar kan finnas i undermarken men kan också vara ytformer.

3.2.2 Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden

Geoarkiv bär information om jordens utvecklingshistoria. Dessa värden består av den naturliga variation som finns m.a.p. geomorfologi, berggrundsgeologi, kvartärgeologi, och hydrogeologiska fenomen. Värdet är beroende av hur sällsynta dessa är och om de är reproducerbara. I Sverige arbetar SGU med att uppmärksamma och värna det geologiska arvet, både på internationell och nationell nivå. SGU skriver så här på sin hemsida:

> ”Geologiskt arv handlar precis som allt vårt arv om värdefulla och representativa företeelser. Utöver dessa vetenskapliga värden kan geologiska bildningar även representera kulturella, historiska, ekonomiska och estetiska värden.
>
> Internationellt får konceptet *geological heritage*, eller kort *geoheritage*, allt större betydelse, eftersom behoven av tydliga beslutsunderlag ökar inom både naturresursplanering och miljöarbete. Definierade värden är avgörande för att kunna göra rätt prioriteringar vid till exempel markanvändning. Geologiska naturvärden är på så sätt en geologisk naturresurs. Rätt utnyttjat kan samhället och allmänheten öka användningen av vårt naturarv.
>
> Ett allt vidare perspektiv på naturvärden och samspelet i miljön har i ökande grad inkluderat det geologiska perspektivet. Geologiskt arv är ett globalt, delat naturarv av platser och företeelser som berättar vår planets historia. Internationellt hanteras nu begreppet parallellt med annat naturarv och andra naturvärden, även om det ännu inte är omsatt i praktiken i världens länder.”[3]

Vidare skriver SGU att det finns ett ökande behov av bättre definierade geologiska naturvärden inom naturvårdsfrågor, markplanering och miljöarbete. Här pratar man om geologiskt värdefulla platser, eller *geosite*. Detta innebär inte att platsen är skyddad, bara att den är vetenskapligt uppmärksammad för sina kvaliteter. Skyddsmöjligheter för geologiskt värdefulla platser är idag (i Sverige) naturminne, naturreservat, nationalpark och riksintresse för naturvård (SGU, 2018a). Andra begrepp som SGU lyfter är geoturism och geoparker, samt begreppet geologisk mångfald.

Geologiskt arv handlar ofta om ytformer, d.v.s. det vi ser på ytan, men kan också innefatta formationer på djupet såsom grottor eller mineralfyndigheter. Djupet är således från ytan och ned till varierande djup. Källor har i många fall en stor kulturhistorisk betydelse men kan även vara väsentliga för specifika biotoper, se vidare grundvatten (3.4.3).

3.2.3 Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden

Landskapet är den synliga fysiska bäraren av naturen och vittnar om underliggande geologi men också om samspelet mellan människans utveckling och naturen (eller naturens resurser). I äldre odlingslandskap i den västsvenska geologin ser man t.ex. att bebyggelsen har skett på berg/morän och bördig mark (lera/silt) har bevarats för att kunna odla på. När man bebygger/exploaterar ett område bör man se över möjligheterna att bevara vissa landskapliga kvaliteter.

[3] Från SGUs hemsida: https://www.sgu.se/samhallsplanering/naturvarden/vart-geologiska-arv/. 2018-09-10.

Inom planering arbetar man med landskapsanalys för att bestämma landskapstyper och karaktärsområden. Landskapsskydd kan vara berättigat om landskapet har ett natur- och/eller kulturmiljövärde till följd av dess naturliga form och/eller av mänsklig aktivitet och kan innebära åtgärder för att bevara eller upprätthålla viktiga och utmärkande karaktärsdrag i ett landskap (Trafikverket, 2013).

3.2.4 Ekologisk kvalitet och diversitet - landskapsekologi

Förenklat så ger en diversitet i marktyp och geologi, topografi, tillgång till vatten och näringsämnen o.s.v. en ekologisk diversitet med växlande flora och fauna. Landskapsekologin fokuserar på rumslig heterogenitet, ofta på en större skala än vad som vanligtvis hanteras inom ekologi, samt människans roll i påverkan på landskapet. Grön infrastruktur, värdetrakter och gröna kilar är begrepp som relaterar till landskapsekologi.

3.3 Reglerande kvaliteter

Reglerande ekosystemtjänster syftar till tjänster vi får från ett fungerande ekosystems reglering av dess omgivande miljö, t.ex. kolbindning, klimatreglering, nedbrytning av avfall, sjukdomshantering samt vatten- och luftrening. Relaterat till undermarken handlar detta om olika funktioner som undermarken kan ha och som kan bidra till att reglera t.ex. översvämning, vattenkvalitet och bindande av kol.

3.3.1 Ren och säker jord

Ren och säker jord syftar till mark som är fri från ämnen som människan tillfört (föroreningar) eller höga halter av naturligt förekommenade ämnen som kan vara skadliga för människan (t.ex. radon, arsenik), och således säker att vistas på för människor. I vissa områden kan detta även innefatta äldre artefakter från krigstider, d.v.s. oexploderade minor, bomber och ammunition. I Sverige är dock detta något man främst förknippar med sjunkna vrak och dumpad ammunition i havsområden eller i sjöar snarare än på land.

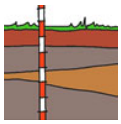
Vid bebyggelse av områden där människor skall vistas måste utredning genomföras för att säkerställa att undermarken är ren och säker. Kartläggning av berggrund med förhöjda halter av radon är en viktig del i ett sådant underlag och länsstyrelsernas inventering av förorenade områden är en viktig källa till information om förorenade områden.

Djupet som är av intresse för ren och säker jord kan variera i mycket hög. Beroende på hur exponeringen för människor ser ut, kan alltifrån endast ytnära föroreningar till ämnen på större djup vara av intresse.

3.3.2 Ekologisk markfunktion

Ekologisk markfunktion syftar till undermarkens förmåga att vara ett habitat för marklevande organismer: djur, växter, svampar, protister (encelliga) samt arkéer (organismer utan ett yttre cellmembran som trivs i extrema miljöer) samt eubakterier. Markens ekologiska funktion är inte bara beroende av att föroreningar i marken inte finns i alltför höga koncentrationer utan också av att strukturen, innehåll av näringsämnen och organiskt material, pH osv är lämpligt för att marklevande organismer skall trivas. En fungerande ekologisk markfunktion är nödvändig för att växter och träd skall kunna växa och hjälper till att bevara en jords biodiversitet.

Om man vid planering av ett område vill anlägga eller bevara ett grönområde måste man se till att skapa/återställa en markprofil där marklevande organismer kan trivas. Uppbyggnad av sådana markprofiler beskrivs t.ex. i Mark-AMA. Man kan också arbeta med olika typer av jordförbättringsmedel för att förbättra den ekologiska markfunktionen. För lågförorenade områden utan oacceptabla risker för människors hälsa finns det möjlighet att arbeta med att förbättra den ekologiska markfunktionen för att fastlägga och bryta ned föroreningar i marken – dock är detta processer som tar lång tid. Merparten av marklevande organismer återfinns på relativt grunt djup, från ytan och ned till ca 0,5 – 1 m men olika typer djur (stygofauna) och mikrober förekommer enligt senare års forskning till stora djup, dvs. hundratals meter.

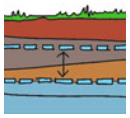


3.3.3 Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt)

Markens beständighet säger något om huruvida marken (markytan eller undermarken) är benägen att förändras eller röra på sig. Det finns en mängd naturliga processer som påverkar beständigheten (och stabiliteten) av undermarken och dess innehåll (t.ex. vatten, luft). Skred och ras är naturliga processer som har effekten att näringsämnen tillförs till vattensystem. Andra naturliga processer är stranderosion, vinderosion, karstbildning, jordbävningar och vulkanism. Det finns också olika former av mänskliga aktiviteter under mark som kan ge effekter på markytan så som utvinning av olika ämnen (gas, olja, salt, vatten) och gruvverksamhet. Vissa områden har också en pågående landhöjning sedan sista istiden, och om man tittar på relationen havsnivå och marknivå så kommer också klimatförändringarna in och påverkar detta förhållande.

Ett stort problem på svenska ostkusten är sulfidjordar. Byggnation i sådana jordar riskerar att oxidera sulfid till sulfat och därmed sänka pH-värdet. Detta kan i sin tur ge degradering av betongkonstruktioner. Om vatten dräneras från sulfidjordar så kan det försura dagvattensystem och närliggande vattendrag. Denna typ av försurningseffekter kan även ske vid dränering och oxidering av andra jordarter eller bergarter som innehåller sulfidförande mineraler, t.ex. pyrit och magnetkis. Det finns exempel på fiskdöd som indirekt är en effekt av bergarbeten, p.g.a. att utläckande vatten har orsakat försurning i vattendrag.

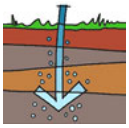
I planläggning av områden där naturliga och mänskligt inducerade processer kan påverka undermarkens (och dess innehålls) beständighet mot förändringar och rörelser bör hänsyn tas till detta. Aktuellt djup för den här typen av processer är vid ytan, även om det som orsakar rörelser vid ytan kan vara påverkan på stora djup (jmf gruvverksamhet och utvinning av ämnen).



3.3.4 Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet)

Jord och berg som har förmåga att lagra vatten under markytan kan verka som ett skydd mot översvämningar. För att uppnå en vattenlagringsförmåga måste materialet innehålla tillräckligt stora porutrymmen och/eller spricksystem där vatten kan flöda och magasineras. Dessutom måste vatten kunna infiltrera i jorden, d.v.s. det måste kunna ske en grundvattenbildning (perkolation) samt möjlighet till vattenomsättning (markvatten och grundvatten) för att den här tjänsten/kvaliteten skall kunna utnyttjas. Anläggande av tätskikt i områden där vatten normalt kan infiltrera förhindrar att denna tjänst kan levereras.

Vatten kan lagras/fördröjas på olika djup beroende på typ av geologiskt material och andra förhållanden, från relativt ytnära ned till tiotals meter.



3.3.5 Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet)

En god vattenfiltreringsförmåga hos jorden har möjlighet att förbättra infiltrerande vattens kvalitet m.a.p. på föroreningar. När vatten filtreras genom marklagren sker också ett utbyte av joner, men även andra kemiska processer. Grundvatten får olika kemisk sammansättning beroende på hur länge och genom vilka marklager det har filtrerats. Undermarkens filtreringsförmåga/kapacitet fungerar också som ett skydd för grundvattenresurser mot föroreningar från ytan. Detta kan vara till nytta för ekosystem som är beroende av grundvattnet men också människors hälsa om grundvattnet används som dricksvattenresurs. Undermarkens vattenfiltreringsförmåga utnyttjas i vattentäkter med konstgjord infiltration där ytvatten pumpas till grus och sandområden för att infiltrera och bilda grundvatten som sedan pumpas upp och som kräver mindre rening än om vattnet hade tagits direkt från ytvattenresursen.

För att kunna utnyttja marklagrens filtreringsförmåga måste vatten kunna infiltrera i jordlagren, och anläggande av tätskikt förhindrar detta. Djupet varierar från ytan och i princip ned till botten på grundvattenbildningen.

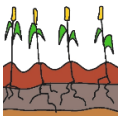
3.3.6 Markens kolbindande förmåga

Beroende på undermarkens beskaffenhet har den olika stor förmåga att binda kol, inklusive koldioxid. Den översta metern jord beräknas globalt sett innehålla ca två gånger mer koldioxid än i hela atmosfären! Det är också den här delen av jorden som brukas mest, och sådan aktivitet gör att kol avgår till atmosfären. Närvaron av rötter i jord ökar det markbundna kolet. Traditionellt jordbruk med plöjning orsakar varje år stora utsläpp av markbundet kol till atmosfären – generellt sett ju mer man rör i jorden desto mer kol avgår till atmosfären.

Att ställa om naturmark/grönområden till bebyggda områden har således potentiellt en klimatkostnad i och med att bundet kol kan avgå till atmosfären. På samma sätt, att omvandla tidigare bebyggda områden tillbaka till grönområden/naturmark kan potentiellt bidra till att binda koldioxid från atmosfären om området får rätt typ av växtlighet och sköts om på rätt sätt. Bindande av kol sker i de övre marklagren där den biologiska aktiviteten är som störst.

3.4 Försörjande kvaliteter

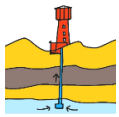
Försörjande ekosystemtjänster syftar till produktionen av produkter eller funktioner vilka är direkt erhållna från ekosystemet, som t.ex. virke, foder, gödsel, vatten, eller energi från exempelvis vattenkraft eller biobränslen. En av dessa ekosystemtjänster är relaterade till undermarken såsom produktion av olika grödor, och dessutom kan undermarken tillhandahålla t.ex. dricksvattenproduktion från grundvatten och fossila resurser.



3.4.1 Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga

Jord som har förmåga att producera olika grödor är viktig ur ekonomisk synpunkt: matproduktion, men också andra typer av biobaserad produktion kan vara aktuell (skog, energigrödor etc.). EU har tagit ett policy-beslut om s.k. ”net zero land take” till 2050, d.v.s. att vi inte skall konsumera mer obebyggd mark utan återanvända redan exploaterad mark, för att skydda ekosystemtjänster och att upprätthålla markens förmåga till att leverera ekosystemtjänster. Bland annat markens förmåga att producera mat till en ökande befolkning är något som debatteras på många håll, och även i Sverige börjar man arbeta för att styra om ny exploatering till redan använd mark istället för potentiell jordbruksmark.

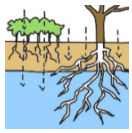
Jordbruksverket (2017) skriver att under perioden 2011-2015 exploaterades 3 000 hektar jordbruksmark, framförallt för att bygga bostäder, en aktivitet som gör marken obrukbar i odlingssammanhang och som påverkar vår framtida förmåga till livsmedelsförsörjning. Man konstaterar att kommunerna inte alltid genomför en avvägning enligt miljöbalkens regler (3 kap 4 §) i vilken lagstiftning om jordbruksmark finns och att den största exploateringen sker nära tätorter.



3.4.2 Dricks- och processvattenresurs

Grundvatten kan vara en vattenresurs i de fall akviferens beskaffenhet är av sådan karaktär att vatten lätt kan flöda och lagras i porer och/eller i sprickor. Att använda grundvatten som resurs för dricksvatten såväl som för processvatten måste dock balanseras mot eventuella ogynnsamma vattenkvaliteter som kan uppträda i grundvattenmagasinen. Sådana ogynnsamma kvaliteter berör såväl tekniska aspekter som om vattnet ifråga är ett tjänligt livsmedel eller inte. Problem som kan uppstå berör salthalter, vissa metallhalter, redoxförhållanden, alkalinitet och surhetsgrad. Problem med salta grundvatten är särskilt vanliga i kustområde (saltvatteninträngning, s.k. up-coning).

Grundvatten kan finnas i såväl jordlager (kvartära avlagringar) som i berg. I kvartära avlagringar är det främst i isälvssediment (åsar och deltan) som man hittar grundvattenresurser som kan tillgodose många människor med dricksvatten och i berg är det framförallt i sedimentära bergarter (sandsten och kalksten) som grundvatten kan utvinnas i större mängder. Privata anläggningar för enskilda hushåll är vanligast i kristallint berg.



3.4.3 Grundvattenresurs

Grundvatten kan fungera som en resurs även i de fall man inte använder grundvattnet för dricksvattenförsörjning eller andra utvinningssyften. Att bibehålla grundvattenstånd som underlagrar leror kan t.ex. motverka sättningar eller jordskred, man säkerställer att växter och träd får tillgång till lämplig markvattenhalt och att vissa grundvattenberoende ekosystem kan leva. Föroreningar i grundvatten kan spridas med grundvattenflödet och verka skadligt på konstruktioner, men kan också ge hälsoproblem om det är volatila föroreningar som tränger in i byggnader. Låga grundvattennivåer kan orsaka torka för växter och öka brandrisken.

För att säkerställa att grundvattenresursen bibehåller sina funktioner måste grundvattenmagasinen kunna fyllas på, och det är viktigt att säkerställa möjlighet till infiltration och grundvattenbildning. Hårdgjorda ytor i infiltrationsområden kan innebära problem med grundvattensänkningar och påföljande sättningar i sättningsbenägna områden eller områden med känsliga konstruktioner (t.ex. grundläggning med träpålar).

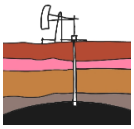
3.4.4 Geomaterial och mineral

Begreppet geomaterial täcker i det här fallet in en stor mängd olika material - det gäller lösa jordar såsom sand, grus och ler som kan användas för olika ändamål inom konstruktion och grundläggning, men också bergmaterial (byggnadssten eller krossat material). Andra material som utvinns är olika mineraler som är ekonomiska värdefulla (t.ex. järn, koppar, jordartsmetaller).

Lagstiftningen gällande utvinning av geomaterial och mineral ser olika ut beroende på vilken typ av material det handlar om. Det finns en minerallagstiftning som reglerar gruvindustrin och prospektering av ekonomiskt värdefulla mineral. När det gäller andra geomaterial så används

begreppet täkt: ”Begreppet täkt innefattar brytning och bearbetning av bland annat berg, naturgrus, torv och andra jordarter. Definitionen på täkt är ett arbetsföretag som primärt syftar till att nyttiggöra det uttagna materialet. Uttag som primärt syftar till att bereda plats för annan verksamhet är inte täkt enligt miljöbalken. Det är verksamhetsutövaren som ska visa att uttaget huvudsakligen görs av en annan anledning än att nyttiggöra materialet. (Se MÖD 2004:14.)” (Naturvårdsverket, 2018a).

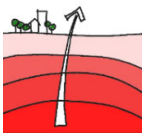
Vid anläggande av konstruktioner under markytan producerar man normalt ett geomaterial utan att verksamheten klassas som täkt eftersom nyttiggörandet av material inte är det främst syftet med anläggningen. Dock är det viktigt att betrakta det material som utvinns i samband med undermarksbyggande som en resurs, och i de fall materialet inte har några åtråvärda tekniska egenskaper att ha en plan för omhändertagande av massor. I vissa fall kan hanteringen av bergmassor vara problematisk såtillvida att det kan lakas ut olika ämnen från massorna till följd av upplösning av olika mineral (t.ex. sulfider) och/eller öka kvävetillförseln i naturen till följd av sprängning.



3.4.5 Fossila resurser

Det är primärt olja, kol och gas som räknas till fossila resurser. Torv har traditionellt varit ett värdefullt geomaterial som energikälla och torvbrytning pågår fortfarande i Sverige men minskar långsamt. I en utredning på uppdrag av regeringen konstaterar Naturvårdsverket att torv som bränsle och för andra ändamål kan ur klimatsynpunkt jämställas med fossila bränslen (Naturvårdsverket, 2018b). I dag är vi till stor del beroende av fossil energi och fossila material (drivmedel, plast, m.m.), men i takt med att man försöker begränsa koldioxidutsläpp för att bromsa klimatförändringarna så försöker man ställa om till ett samhälle som i allt mindre grad använder fossila resurser.

Det har skett försök till utvinning bland annat ur alunskiffrar, och prospektering kan förekomma i sedimentära bergarter, men i övrigt är fossila fyndigheter i Sverige mycket begränsade (förutom gällande torv).



3.4.6 Geotermisk energi

Geotermisk energi innebär att man utnyttjar den s.k. geotermiska gradienten, d.v.s. att det blir varmare ju längre ned i jordskorpan man kommer, för att utvinna energi. Utvinning av geotermisk energi sker typiskt på mycket stora djup (typiskt djupare än 1500 m ner i jordskorpan), utom på vissa ställen på jorden där t.ex. varmt vatten transporteras upp till ytan (t.ex. varma källor) och där man har vulkanisk aktivitet (t.ex. Island).

I Sverige brukar man tala om ytnära geotermisk energi som benämning på system som framförallt använder geoenergi från ytliga lager och med hjälp av värmepumpar levererar den utvunna energin vid lämpliga temperaturnivåer till fastigheter (energibrunnar, bergvärme).

4 Metod

4.1 Pilotstudieanalys

Studien har utförts i ett antal steg:

1) Beskrivning av studieområdet utifrån dagens markanvändning och framtida planer (Kapitel 4).

2) Beskrivning av studieområdet utifrån allmänna geologiska förhållanden samt kartläggning av befintliga och potentiella undermarksresurser i området utifrån den kategorisering, dvs. stödjande, kulturella, reglerande och försörjande kvaliteter som *ruimtexmilieu* har gjort (se avsnitt 3). Kartläggningen är baserad på insamling av dels den grundläggande geologiska informationen, men också utifrån andra typer av källor, t.ex. markanvändning, information om ledningar och databaser för förorenade områden. I kartläggningen skiljs mellan jord och berg och det redovisas på vilket djup de existerar samt vilken kvalitet de förväntas ha (Kapitel 5). Undermarksresursernas kvalitet har bedömts utifrån fyra kategorier:

   = i huvudsak god kvalitet
   = i huvudsak måttlig kvalitet
   = i huvudsak dålig kvalitet
   = ingen förutsättning

3) En kartläggning av vilka av de befintliga resurserna som nyttjas i dagsläget redovisas tillsammans med kartläggningen i Kapitel 5. Nyttjandegraden och potentialen att nyttjas i framtiden har bedömts utifrån fyra kategorier som kompletterar kvalitetsbedömningen i Steg 1:

X	= nyttjas
(X)	= existerar / förutsättning
0 -	= nyttjas inte – låg potential
0 +	= nyttjas inte – möjlig potential

4) En analys av hur de olika undermarksresurserna kan påverka varandra (positivt såväl som negativt) om användningen av undermarken förändras. Detta har gjorts med hjälp av en matris. Denna analys sammanfattas utifrån olika planeringsteman med underrubriker: behov i området, möjligheter och innovationer samt risker kopplat till utveckling av området (Kapitel 7). Planeringsteman har valts utifrån stadens tekniska system (Johansson, 2016) och andra vanligt förekommande teman och är följande: Vatten, Energi, Avfall, Transport och kommunikation, Byggnader, Grönstruktur, Kulturarv och Föroreningar.

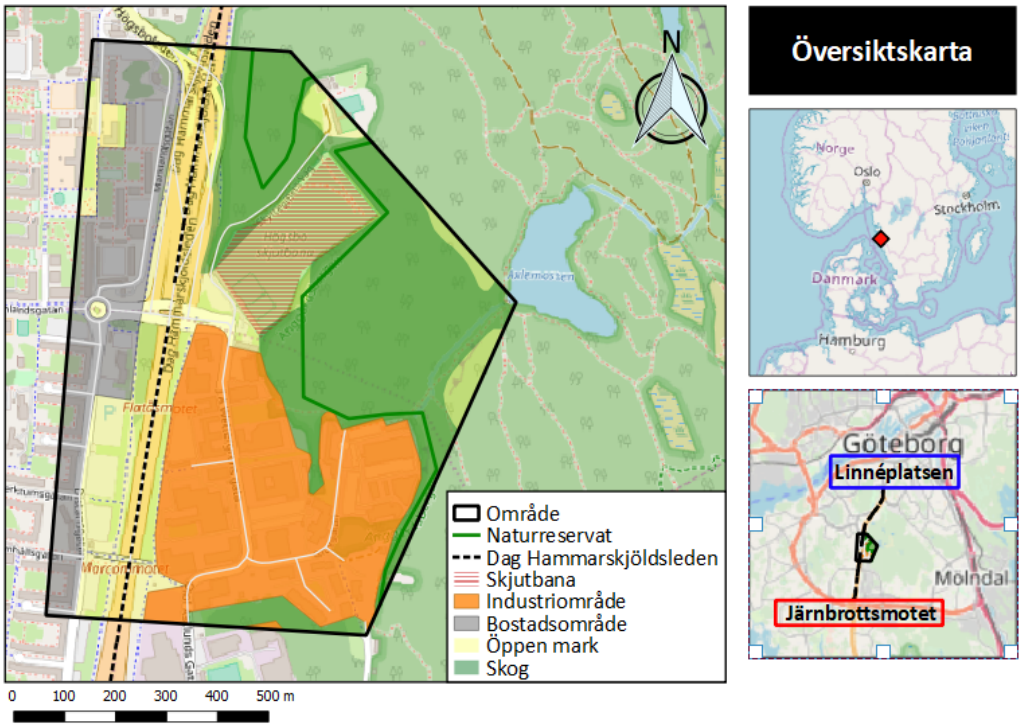
4.2 Datainsamling

Data är hämtad från flera olika källor. Stora delar av den presenterade informationen är hämtad från SGU:s onlinekartor (SGU, 2018b; SGU, 2018c) samt öppen geografisk data från Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2018). Göteborgs Stadsbyggnadskontor har tagit fram rapporter angående områdets geotekniska förhållanden (WSP, 2006; Sweco, 2011). Data gällande områdets ledningsnät har hämtats från Göteborgs energi, Kretslopp och vatten samt Swedegas, via Ledningskollen. I avsnitt 5.6 redovisas en tabell med alla informationskällor samt hur lätt- eller svårtillgänglig informationen har varit.

5 Studieområde

5.1 Dagens markanvändning

Dag Hammarskjöldsleden är en trafikled belägen i sydvästra delen av Göteborg, som sträcker sig från Linnéplatsen till Järnbrottsmotet. Markanvändningen runt trafikleden är i den norra delen dels Slottskogen på den nordvästra sidan, samt bostadsområde och ingången till Göteborgs Botaniska trädgård på den sydöstra sidan. Vid Marklandsgatan övergår markanvändningen på den västra sidan till bostadsområde och industriområde och naturreservatet Änggårdsbergen till öster. I pilotstudien fokuseras på en del av det utredningsområde som ingår i den fördjupade översiktsplanen (FÖP) för Dag Hammarskjöldsleden. Rent geografiskt så innefattar pilotstudieområdet (Figur 5-1) en liten del av både Flatås bostadsområde längs den västra sidan av leden, Högsbo industriområde i sydost, samt Änggårdsbergens Naturreservat i nordost, inklusive Högsbo skjutbana. Bilaga 1 visar fotografier från pilotstudieområdet.



Figur 5-1. Översiktskarta med markanvändning för det valda fallstudieområdet; skala 1:7000 (Lantmäteriet, 2018).

5.2 Framtida planer

Under tiden som föreliggande rapport färdigställdes var arbetet med att uppdatera Göteborgs översiktsplan från 2011 pågående. I december 2018 färdigställdes samrådshandlingarna för den fördjupade översiktsplanen för Högsbo-Frölunda med Dag Hammarskjöldsleden (Göteborgs Stad, 2018a). Samrådshandlingarna låg ute för samråd under tiden januari – april 2019. Man benämner projektet Dag Hammarskjöldstaden. Fördjupningen av översiktsplanen avseende Högsbo-Frölunda med Dag Hammarskjöldsleden ska särskilt:

- pröva omvandling av Dag Hammarskjöldsleden till boulevard,

- avväga riksintressen som påverkas av en stadsutveckling i området,
- stödja genomförandet av Stomkoll 2035,
- göra överväganden i det långa perspektivet för den kommande planläggningen.

Följande mål för Dag Hammarskjöldstaden har tagits fram: ”Dag Hammarskjöldstaden är en grön och tät blandstad som består av sammanbundna stadsdelar utan upplevda barriärer. Dag Hammarskjöldstadens identitet grundas i existerande områdens karaktär och ny bebyggelse formas efter dalgångens förutsättningar. ”Förutom målformuleringen finns en gemensam målbild för projektet Dag Hammarskjöldstaden som togs fram under våren 2018. I målbilden anges 24 olika strategiska frågeställningar som var och en skall vara besvarade när planen antas. Exempel på strategiska frågeställningar är: ” Hur ska Dag Hammarskjöldsleden se ut?”, ”Kan dagvatten från dalgången runt Dag Hammarskjölddalgångens synliggöras i stadsbilden?” och ”Hur kan tillgängligheten till park- och grönområden som Botaniska, Änggårdsbergen och Slottsskogen förbättras?”.

Det finns tre prioriterade strategier i översiktsplanen för Göteborg som beskriver de viktigaste inriktningarna för hur stadens mark- och vattenområden ska användas och utvecklas: En nära stad, En sammanhållen stad, och En robust stad. Dokumentet menar att strategierna ska användas tillsammans och kompletterar varandra och att de är en förutsättning för varandra: t.ex. förutsätter en sammanhållen stad inte bara en blandning av olika funktioner utan också närhet.

Man har använt sig av ett scenariobaserat arbetssätt där 15 olika scenarier (t.ex. Bostad 2021, Linjestaden, Hanteln) har diskuterats för utvecklingen i områdena runt Dag Hammarskjöldsleden. Baserat på dessa har fyra alternativ tagits fram, som vart och ett visar på olika idéer av stadsutveckling. De fyra alternativen består av ett nollalternativ, som visar en trolig utveckling om ingen boulevardomvandling sker av leden, och tre förändringsalternativ baserade på att en omvandling sker, se Figur 5-2.

Följande är hämtad från samrådshandlingen.

0: Nollalternativ

Utvecklingen i planområdet sker enligt redan antagna planer och program och pågående planeringsarbete. Dag Hammarskjöldsleden förblir en trafikled med nuvarande utformning. Den övergripande trafikföringen i området sker på samma vis som idag vad gäller bil- och spårvagnstrafik.

A: Linjestaden

Leden omvandlas till en boulevard med likartad utformning längs hela sträckan mellan Linnégatan och Järnbrottsmotet. Spårväg finns utmed hela stråket placerad mitt i boulevarden. Bebyggelse kantar boulevarden mellan Marklandsgatans hållplats och Radiomotet. Bebyggelsen är förlagd i en tydlig kvartersstruktur med samma kvartersmått som återfinns i innerstadens 1800-talsbebyggelse.

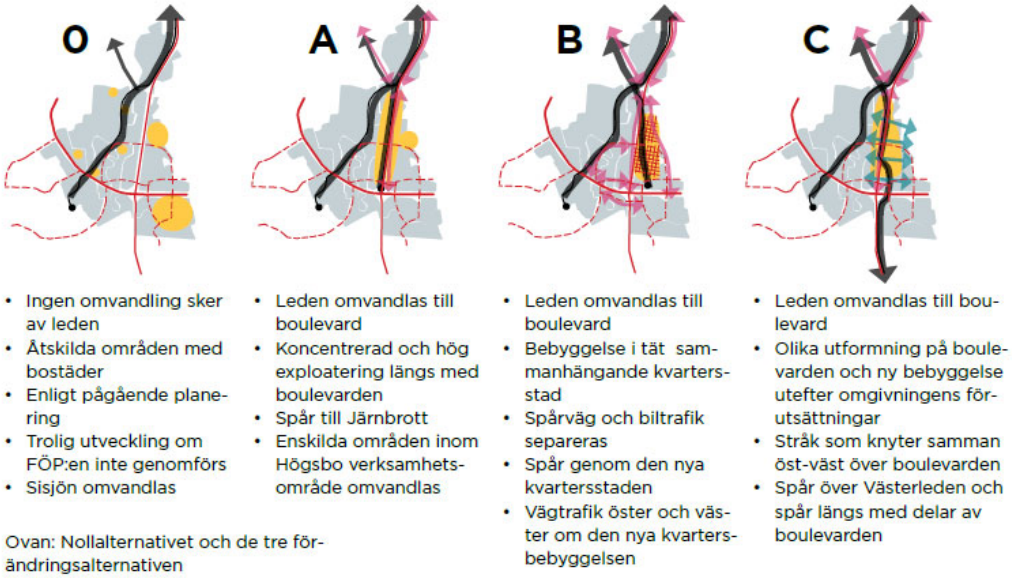
B: Parallella stråk

Området öster om leden omvandlas med en övergripande trafikföring söder om Marklandsgatans hållplats som återspeglar hur den västra sidan är uppbyggd, det vill säga att spårbunden trafik och vägburen trafik skiljs åt. Den östra sidan längs med boulevarden och längs med spårvägen omvandlas till en kvartersstad med huvudsakligen bostäder. Den spårbundna trafiken förläggs centralt mellan Änggårdsbergen och boulevarden. Vägburen trafik delas upp i två nord-sydliga stråk. Dels i leden, som omvandlas till boulevard, och dels i en genomgående huvudgata i öster.

C: Kopplande gator

Leden omvandlas till en boulevard. Boulevardens utformning och innehåll varierar utefter omgivande bebyggelse och topografi. Mot norr omges boulevarden av parkmiljöer och redan

befintlig bostadsbebyggelse. I mellanpartiet byggs en ny kvarterstad upp som breder ut sig främst mot öster men kopplas samman med den västliga sidan i genomgående östvästliga stråk. I söder delas boulevarden upp till olika målpunkter beroende på trafikslag. Nya spår förläggs längs med boulevarden mellan Marklandsgatans hållplats och Radiotorget. Mellan Radiotorget och Söderleden viker spåret av från boulevarden österut.



Figur 5-2. Översikt över de olika alternativen i samrådshandlingen (Göteborgs Stad, 2018a).

Gemensamt för alla alternativ är att omvandla Högsbo industriområde öster om Dag Hammarskjöldsleden till i huvudsak bostadsändamål med inslag av handel, service och kontor. En del av detta är att Dag Hammarskjöldsleden omvandlas till en boulevard. Delar av området kommer fortfarande användas för industri- och verksamhetsändamål, dessa områden är belägna i bullerutsatta lägen längs med Söderleden och Västerleden. Väster om Dag Hammarskjöldsleden är en omvandling tänkt genom att ny bebyggelse uppförs på exempelvis outnyttjade ytor eller parkeringsplatser. I stort följs redan antagna program och detaljplaner eller pågående arbete med program och detaljplaner. Tidigare har det diskuterats att bygga ner Dag Hammarskjöldsleden under markytan, men dessa planer finns inte längre med i samrådshandlingen.

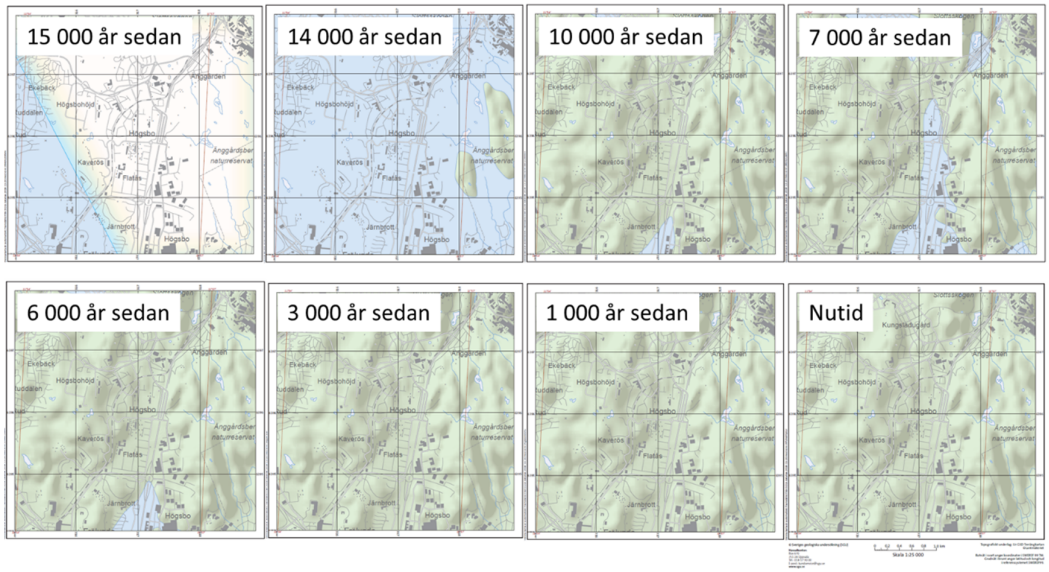
6 Kartläggning av befintliga undermarksresurser

Kapitlet beskriver vilka typer av tjänster och kvaliteter som finns och hur de nyttjas inom pilotstudieområdet idag. Genomgången är uppdelad mellan beskrivning av jordlagret och berggrunden eftersom det är stora skillnader mellan jordlagrets och bergets egenskaper. Figurer som avses att sammanfatta all information, även med avseende på djupet, har sammanställts för området och redovisas i avsnitt 6.6.

6.1 Geologiska förutsättningar

Pilotstudieområdet representerar typisk västsvensk geologi med kvartära[4] jordarter som överlagrar urberg[5]. Klimatet är oceaniskt med milda vintrar och svala somrar. Medelnederbörden är ca 800 mm/år.

Efter den senaste istiden har de jordarter som bildats i området styrts av landhöjningens olika faser, se Figur 6-1. Landhöjningen är ett resultat av att jordskorpan blivit nedtyngd av inlandsisen och när trycket av inlandsisen försvann så höjer sig jordskorpan succesivt. Området blev isfritt för ca 15 000 år sedan och efterföljdes direkt av en period då hela området låg under havsnivån. Det var bara de allra högsta delarna av Änggårdsbergen som då befann sig ovanför den tidigare högsta kustlinjen, ca 93 m.ö.h. Sedan 10 300 år före nutid har landhöjningen inneburit en nedåtgående strandlinjeförskjutning till dagens havsnivå med undantag för en period för 9 000 – 6 500 år sedan[6], när delar av studieområdet vid Högsbo-Flatås översvämmades. För närvarande är landhöjningen i området ca 2 mm/år.



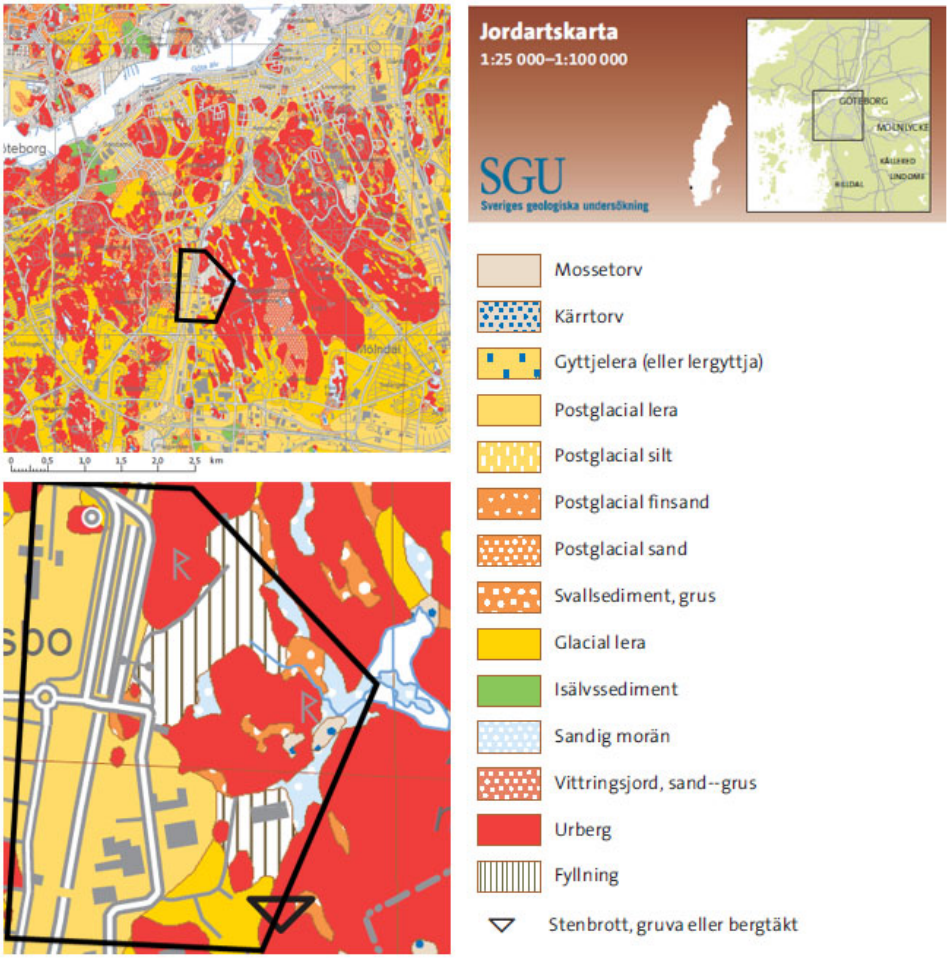
Figur 6-1. Landhöjningens förlopp för studieområdet vid Flatås från 15 000 år sedan till nutid. Under perioden 9000 – 6500 år sedan var delar av området täckt av vatten med förutsättningar för bildning av svallmaterial och marina sediment. (Bilder från SGUs kartgenerator)

[4] Kvartära jordarter avser jordarter som har avsatts under kvartär tid, vilket innebär från nutid och bakåt ca 2,6 miljoner år under vilken period vi har haft återkommande nedisningar i Europa och Nordamerika. De allra flesta jordarterna är dock betydligt yngre, ca 10 000 år och yngre, och har bildats under den allra senaste nedisningen.

[5] Urberg betecknar berg som är mycket gammalt, mer än 500 miljoner år.

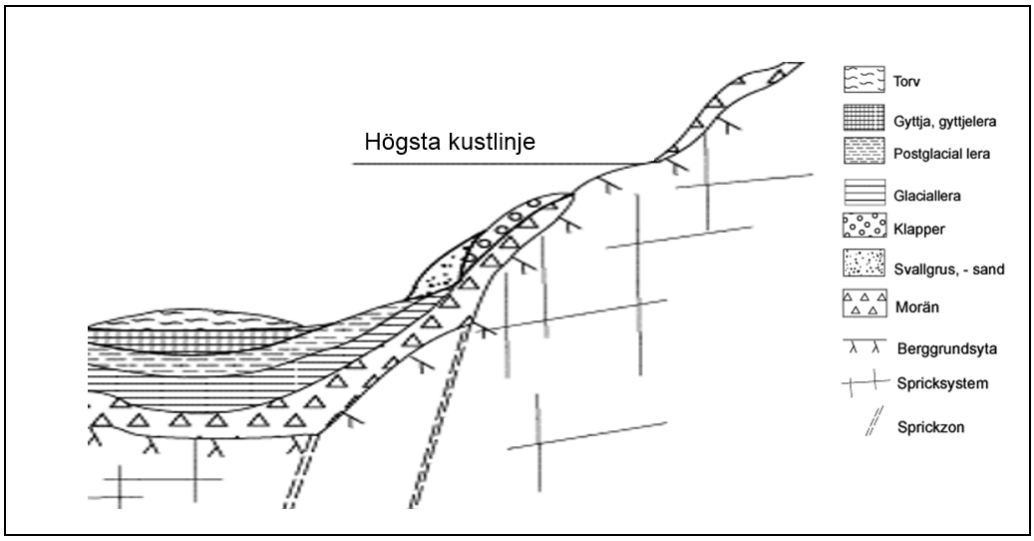
[6] Den s.k. Tapestransgressionen.

Områdets jordarter utgörs vid ytan främst av glacial och postglacial lera[7] i dalgången, samt ett tunt täcke morän på berg eller berg i dagen i naturreservatets nordöstra del (Figur 6-2). Under leran i dalgången finns förmodligen lager av morän direkt på det underliggande berget eftersom leran har avsatts efter och ovanpå moränen. Ovanpå den glaciala leran finns mer eller mindre utbredda kappor av utsvallat material (postglacial svallsand) längs med bergssluttningarna (Figur 6-3). Lagerföljden som beskrivs är ett resultat av hur isen har dragit fram och sedan smält av, samt att kustlinjen låg i ett högre läge i landskapet vid den tiden och sedan sakta blivit lägre och lägre. Detta är en typisk jordartsprofil i Västsverige i områden nedanför tidigare högsta kustlinjen. I stort gäller det samma för det mer övergripande området kring Dag Hammarskjöldsleden, vilken har ett postglacialt lager längs hela dess sträcka, följt av glacial lera och urberg utmed kanterna (SGU, 1984; SGU, 1988). Jorddjupet i området varierar från 0 till ett fåtal meter där morän finns i dagen och upp till 50 meters jorddjup i den lerfyllda dalgången (Figur 6-4).

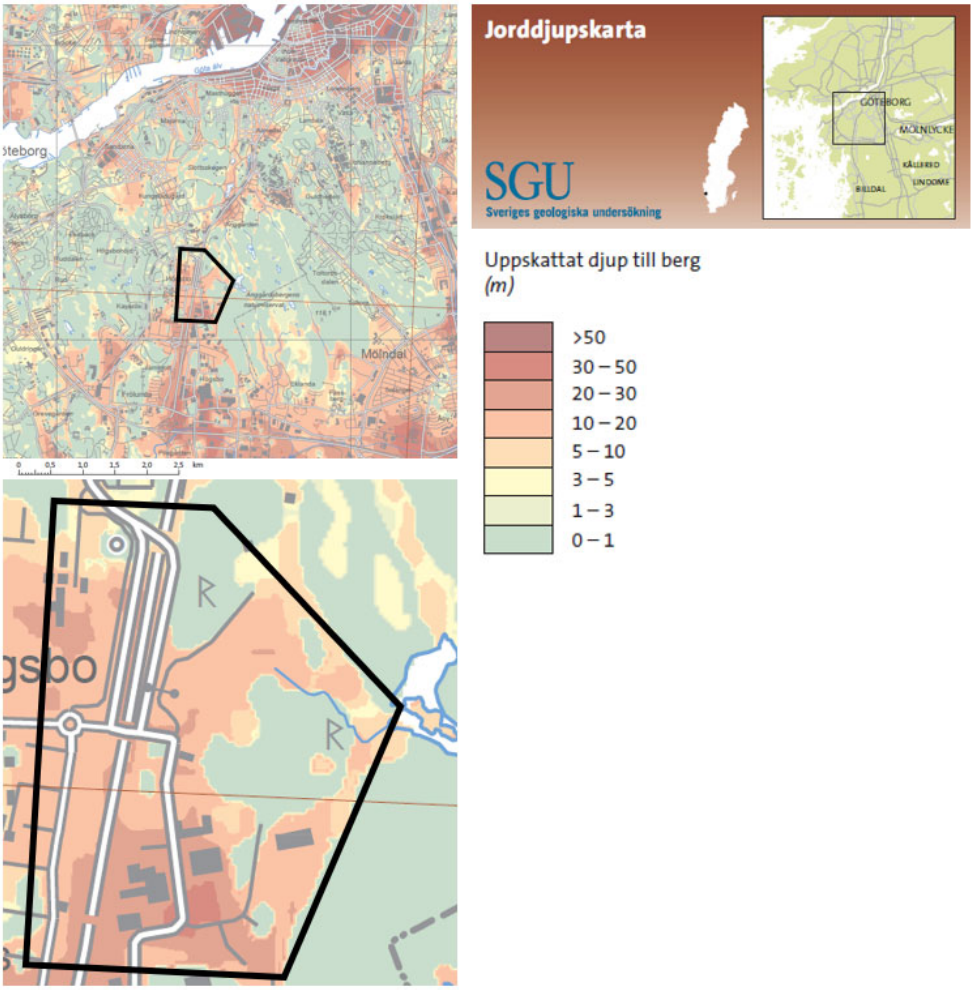


Figur 6-2. Utklipp från SGU:s jordartskarta omkring Dag Hammarskjöldsleden; skala 1:25 000 (SGU, 2018a). Pilotstudieområdet är inringat i svart.

[7] Glacial lera innebär lera som är avsatt under senaste istiden och postglacial lera innebär lera som är avsatt efter att isen har smält undan. Den postglaciala leran är alltså yngre och överlagrar den glaciala leran.

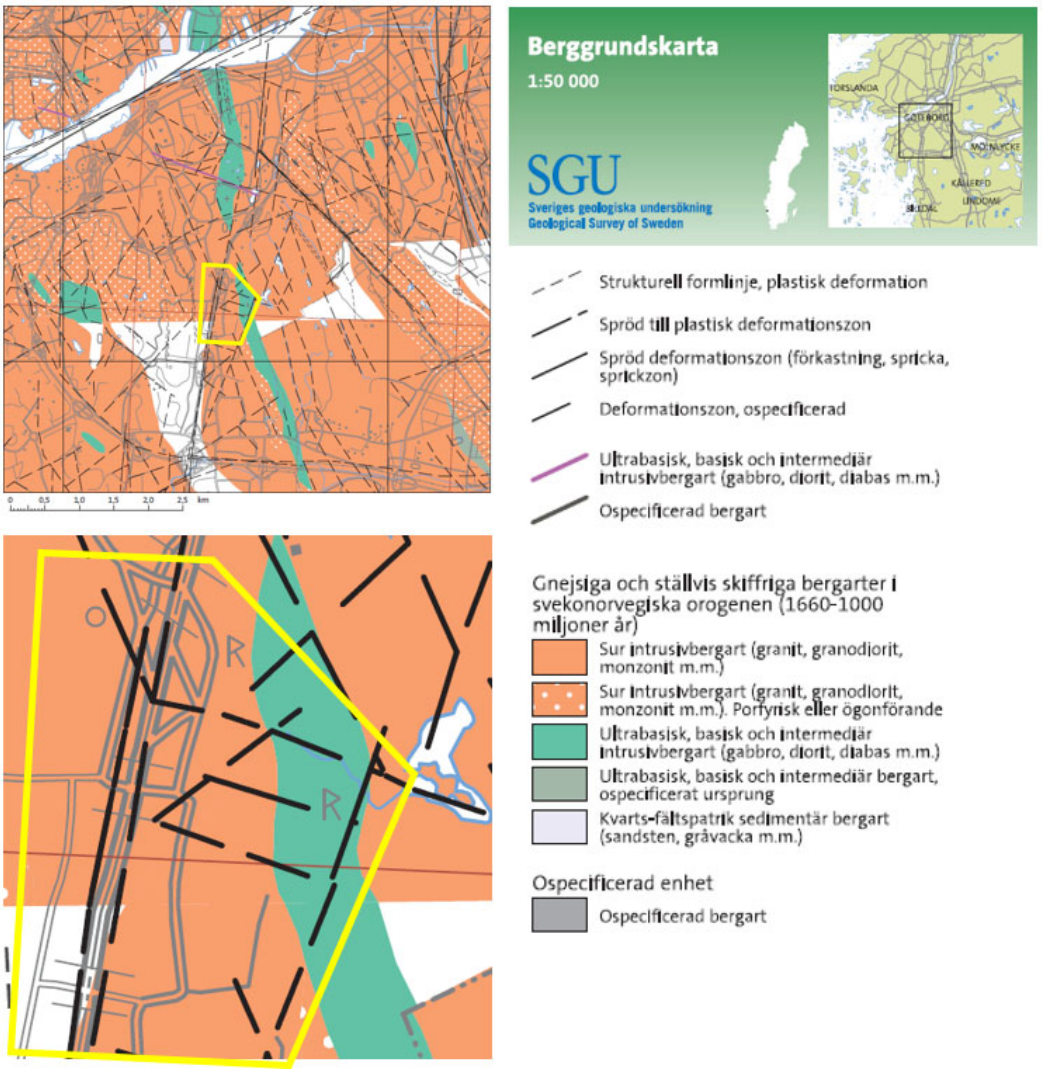


Figur 6-3. Schematisk tvärprofil över de principiella geologiska förhållandena från Änggårdsbergen ned mot Flataområdet.



Figur 6-4. Utklipp från SGU:s jorddjupskarta omkring Dag Hammarskjöldsleden; skala 1:50000 (SGU, 2018a). Pilotstudieområdet är inringat i svart.

Berggrunden består främst av intrusiva bergarter (svagt gnejsig till gnejsig granodorit i väst och granit i öst), med ett basiskts ultrabasiskt stråk av metadiorit i nordlig riktning genom änggårdsbergen (SGU, 2018a; SGU, 2007), och är klassad som ett material av god kvalitet (SGU, 2000), se Figur 6-5. På högre nivåer i Änggårdsbergen uppträder berggrunden som alkalin gnejs. Det är en röd, finkornig, grusvittrande bergart. Denna vittringsprocess är vanlig globalt sett, men mycket ovanlig i Sverige.



Figur 6-5. Utklipp från SGU:s berggrundskarta omkring Dag Hammarskjöldsleden; skala 1:50 000. Pilotstudieområdet är inringat i gult.

6.2 Stödjande kvaliteter

Av de kvaliteter som kategoriseras som stödjande enligt *ruimtexmilieu* är det endast undermarkslagring i naturliga geologiska lager som inte har förutsättning att kunna nyttjas i området eftersom det inte finns några sedimentära bergarter i området.

6.2.1 Bärförmåga och mekanisk stabilitet

Områdets berggrund består främst av intrusiva bergarter (granodiorit och granit) som generellt har en mycket god bärförmåga. Huvudsakliga vertikala lineament och dominerande spricksystem går i tre riktningar; nordväst-sydost, nordost-sydväst och öst-väst (se även stereonäten TEN990013 och TEN990015 (SGU, 2000), i Figur 6-16). Deformationszoner innebär normalt att man behöver förstärka berget vid konstruktioner under markytan för att förhindra blockutfall, samt att det finns ett behov av att täta undermarkskonstruktioner för att förhindra otillåtet stora vatteninflöden.

Bergets goda bärförmåga nyttjas i de delar av området där trafikleder och hus är grundlagda direkt på berg. Bergets bärförmåga kan också utnyttjas i de delar av området som är täckta av lera genom s.k. spetsburen pålning, d.v.s. att man pålar ned till fast berg (alterntivt fast jordlager).

Bärigheten i leran har befunnits vara generellt dålig och därför krävs förstärkningsåtgärder vid anläggande av byggnader för att förhindra omfattande sättningar. Lerans överkonsolidering har i en undersökning uppskattats till 15 – 30 kPa vid markytan och 10 – 20 kPa mot djupet av WSP (2006), vilket innebär att större konstruktioner, som t.ex. flerplansbyggnader, kräver omfattande stödpålning inom delar av området (WSP, 2006). Lättviktskonstruktioner kan anläggas utan stödpålning, t.ex. genom kompensationsgrundläggning, men det har inte funnits information lätt tillgänglig om alla typer av grundläggning i området.

Lerans bärförmåga nyttjas delvis i området genom anläggning av trafikleder och byggnader, för det senare dock med hjälp av stödpålning, se vidare undermarkskonstruktioner i nästa avsnitt.

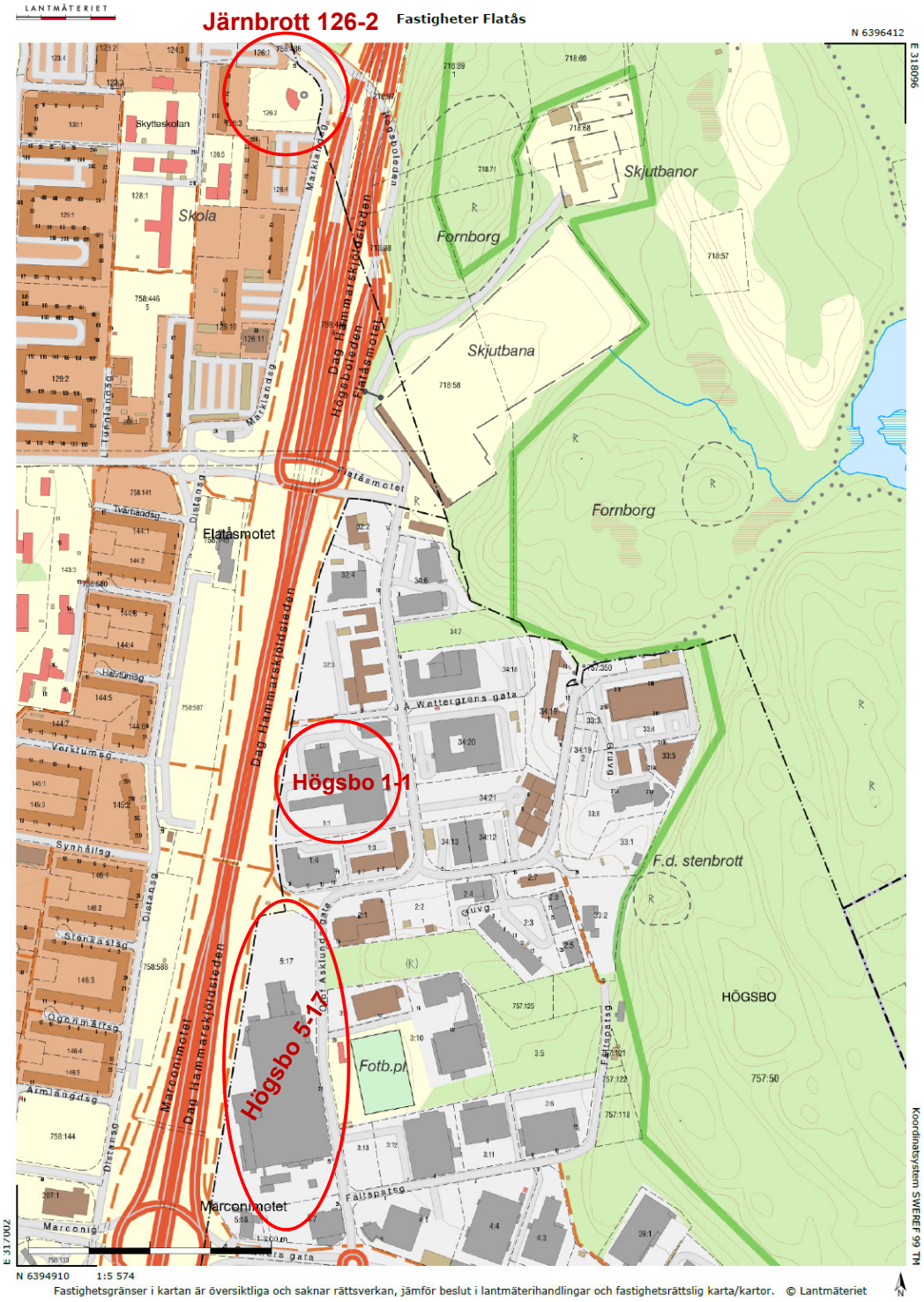
6.2.2 Undermarkskonstruktioner

Information angående undermarkskonstruktioner inom området är relativt svårtillgänglig. Det gäller information om grundläggning av byggnader samt undermarkskonstruktioner såsom bergrum och tunnlar.

Grundläggningsutförande för det aktuella pilotstudieområdet exemplifieras för fastigheterna Högsbo 1-1 (Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1994; 1995), Högsbo 5-17 (Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1992; 1996) samt Järnbrott 126-2 (Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 2018), se Figur 6-6. Fastigheterna Högsbo 1-1 och 5-17 valdes ut p.g.a. att de representerar varierande jorddjup och olika byggnadstyper. För Fastigheten Järnbrott 126-2 ligger på fast berg och har befintliga geoenergibrunnar, se vidare redovisning i avsnitt 6.2.4.

Högsbo 1-1: För fastigheten Högsbo 1-1 fanns det två olika pålningsprotokoll tillgängliga, båda från höst/vinter 1994. Det finns ingen ritning av var pålarna är placerade men på det ena protokollet finns det 8 pålar registrerade och på det andra finns ytterligare 45 pålar registrerade. Den effektiva pållängden på de 8 första pålarna varierar mellan ca 17 och 19 meter, i den senare pålningsomgången varierar det effektiva pållängden mellan ca 9 meter och upp till ca 19 meter.

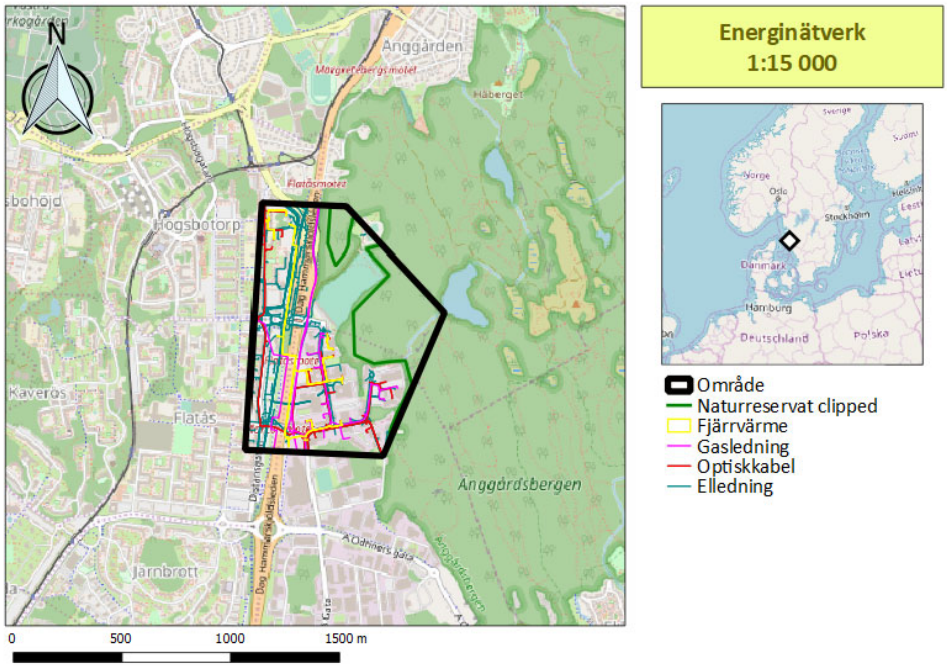
Högsbo 5-17: För fastigheten Högsbo 5-17 finns det också två olika pålningsprotokoll tillgängliga, från 1992 och 1995. I det äldre protokollet finns ett 50-tal pålar registrerade, påltyp (betong) samt medelvärde pållängd (8,56 m). Pålningsprotokollet från 1995 redovisar 6 pålar av betong med medellängd 9,65 m. I protokollet finns även en enkel skiss bilagd för att visa placeringen av pålarna även om det inte går att utläsa vilken del av tomten detta handlar om från skissen.



Figur 6-6. Fastigheterna för vilka information om grundläggning har begärts ut: Högsbo 1-1, Högsbo 5-17 och Järnbrott 126-2.

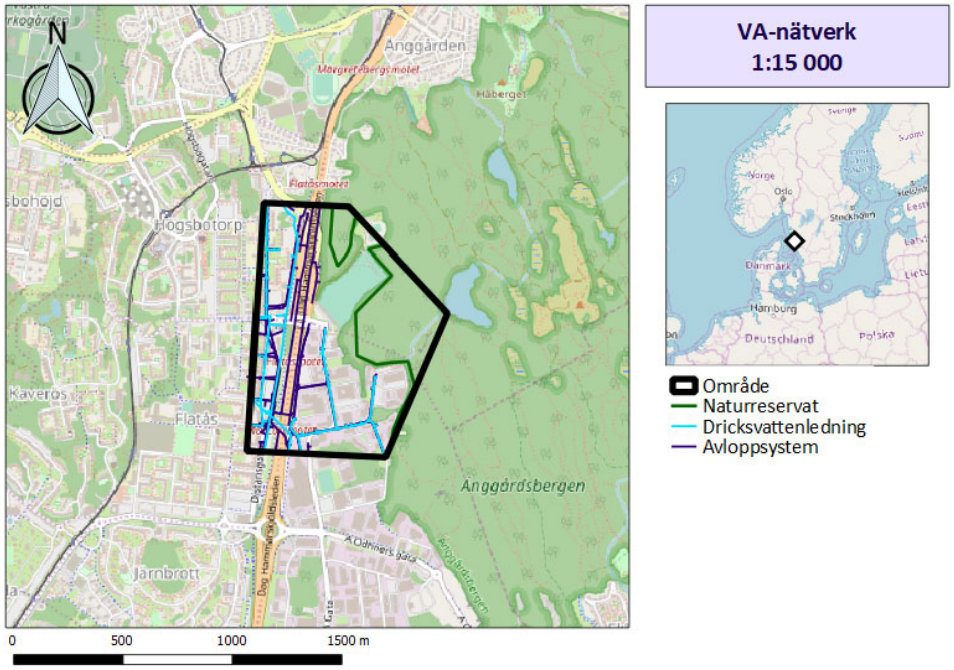
6.2.3 Ledningar, kablar och rör

Inom Änggårdsbergens naturreservatsområde finns inga ledningar dragna men inom de bebyggda delarna av pilotstudieområdet finns det en stor mängd olika typer av rörledningar och kablar nedgrävda i jordlagren på ett relativt ytnära djup, ca 2 meter ned. Figur 6-7 visar energinätverket baserat på uppgifter från Göteborgs Energi (2018) och Figur 6-8 visar en översikt av VA-nätverket baserat på uppgifter från Kretslopp och Vatten (2018). Uppgifterna har inhämtats via Ledningskollen[8]. Kartorna i föreliggande rapport är medvetet utzoomade för att minska detaljeringsgraden eftersom information om ledningsnätet anses som känslig. Det framgår inte via Ledningskollen om det även finns tunnelkonstruktioner i berg för ledningar och kablar i området.



Figur 6-7. Energinätverksledningar; skala 1:15 000 (Göteborgs Energi, 2018).

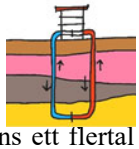
[8] https://www.ledningskollen.se/



Figur 6-8. VA-ledningar; skala 1: 15 000 (Kretslopp & Vatten, 2018).

Utrymmet under markytan nyttjas idag för kablar och ledningar i de översta metrarna i sträckningar som i stora drag följer den nuvarande gatustrukturen i området. Åldern på ledningsnäten är i nuläget okänd men finns troligtvis delvis dokumenterad hos kommunens förvaltning (Kretslopp och vatten).

Stora delar av jordlagret inom området är lera där ledningar lagts i traditionell öppen schakt. Med ny teknik kan ledningar borras horisontellt. Eftersom leran är relativt sättningsbenägen så finns det risk för skador på ledningsnäten om det uppstår sättningar i området. Ofta är det anslutningarna till hus och andra konstruktioner som är de mest känsliga ställena.



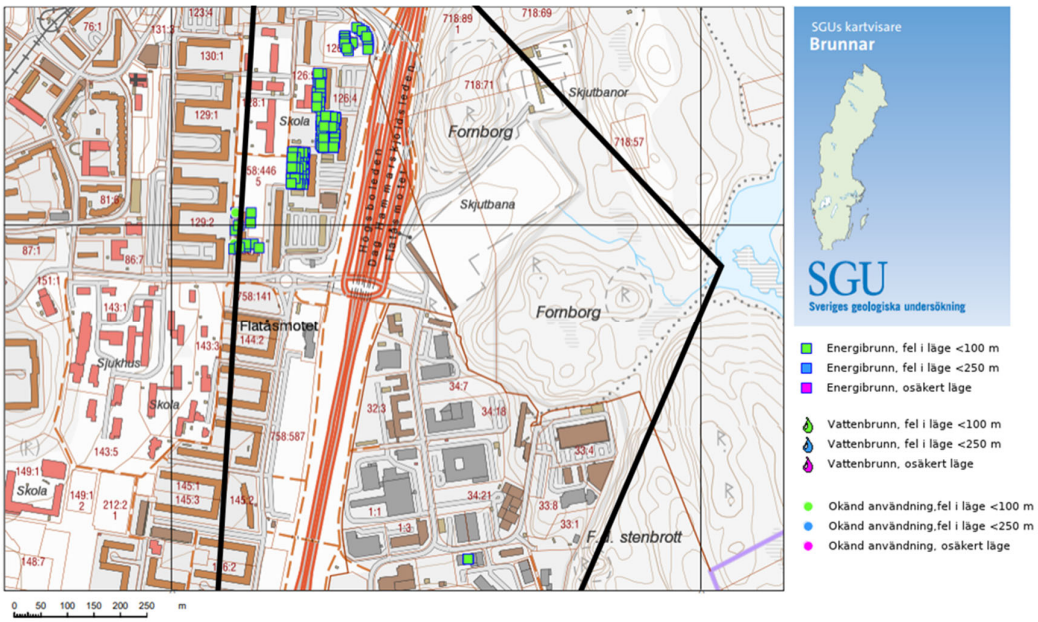
6.2.4 Geoenergi: Lagring av värme/kyla

Möjligheterna för geoenergi i området är goda och enligt SGUs brunnsarkiv finns ett flertal energibrunnar borrade i berggrunden i den nordvästra delen av området, samt ytterligare brunnar i den södra delen av området, se Figur 6-9.

De flesta brunnarna i den nordvästra delen hör till Panncentralen Frölundaborg, som i juni 2017 invigde sin bergvärmeanläggning[9]. Panncentralen Frölundaborg är en ekonomisk förening och ett samarbete mellan privata fastighetsägare, allmännyttan samt HSB och Riksbyggen. Då avtalet skulle gå ut med Göteborgs Energi valde föreningen att istället satsa på ett geoenergisystem. Ursprungligen borrade man 148 energibrunnar (2016-2017) och efter första vintersäsongen valde man att under 2018 komplettera med ytterligare ca 30 nya energibrunnar för att anläggningen skulle ge full effekt. Anläggningen skall förse 2 200 lägenheter med värme

[9] http://www.panncentralen.com/ (2018-11-12)

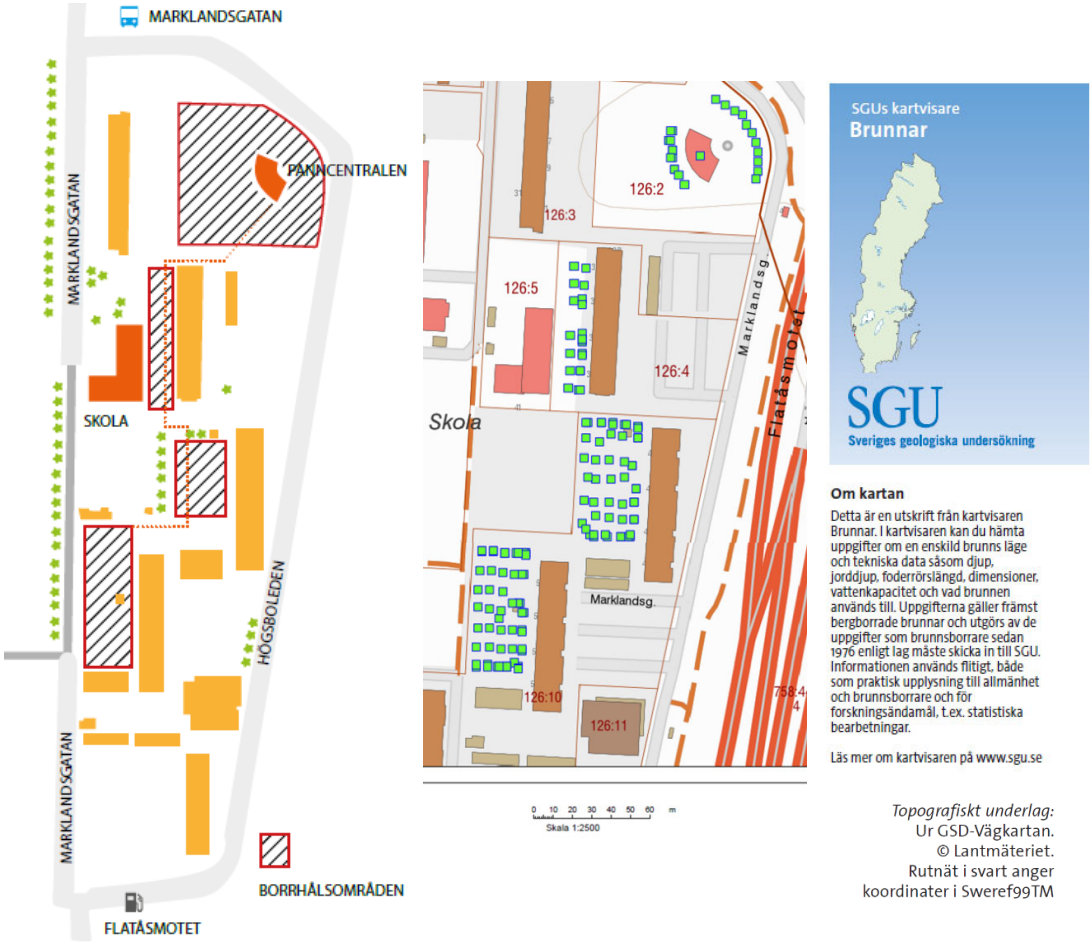
och man skriver att bergets värmeledningsförmåga är mycket god (2,9 W (m/K)) [10]. Enligt SGUs brunnsarkiv så har brunnarna ett varierande djup mellan 200 och 300 meter.



Figur 6-9. Urklipp från SGU:s karta över borrade brunnar inom pilotstudieområdet (SGU, 2018b). Pilotstudieområdet är inringat i svart

För fastigheten Järnbrott 126-2, d.v.s. fastigheten där Panncentralen Frölundaborg är lokaliserad (Figur 6-6), begärdes även information ut från Göteborgs stads arkiv, och informationen som var arkiverad här innehöll en reviderad borrhålskarta över fastigheten Järnbrott 126-2, men även borrhålskartor för 126-4 och 126-10. För borrhålskartan för Järnbrott 126-2 anges att det finns 68 + 21 stycken borrhål, där ett antal av dess är borrade i 5 eller 6 graders vinkel. Borrhålen ligger placerade i grupper. Ytterligare 52 + 20 borrhål finns registrerade på ritningarna på fastigheterna Järnbrott 126-4 och 126-10. En förstoring från brunnsarkivet över de brunnar som tillhör bergvärmeanläggningen för Panncentralen Frölundaborg visas i Figur 6-10.

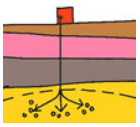
[10] Nyheter och information, april 2016. http://www.panncentralen.com/wp-content/uploads/2015/04/panncentralen-utskick.pdf (2018-11-12).



Figur 6-10. Kombinerad bild från olika källor: planer för bergvärmeanläggningen (Panncentralen Frölundaborg, 2016) samt utsnitt ur brunnsarkivet (SGU, 2018b).

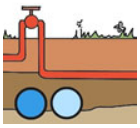
För övriga energibrunnar kan man inte ur brunnsarkivet hämta information om ägare. I de dokument som hämtats för fastigheten Järnbrott 126-2 står inte heller vem som är beställare på ett tydligt sätt, men dessa uppgifter finns troligtvis i diarieföringen på Göteborgs Stads arkiv.

Förutsättningarna för att utvinna s.k. jordvärme är inte så goda inom området eftersom det kräver mycket yta.



6.2.5 Undermarkslagring i naturliga formationer

Områdets berggrund består av intrusiva bergarter (SGU, 2018a) vilket innebär att det inte finns några förutsättningar för lagring av ämnen i naturliga formationer under markytan, vare sig i jord eller berg.



6.2.6 Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk

Det finns en högtrycksledning för naturgas i direkt anslutning till det efterfrågade området, på ett okänt djup i jordlagren, som inte är utritad i Figur 6-7 och Figur 6-8 (Swedegas, 2018). En sådan typ av ledning kan eventuellt medföra vissa restriktioner gällande markanvändning och byggnation inom området enligt myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSB, 2009)[11]. I övrigt, se kommentarer i avsnitt 5.2.3.

6.3 Kulturella kvaliteter

De kvaliteter som kategoriseras som kulturella enligt *ruimtexmilieu* finns i pilotstudieområdet framförallt i de ytnära delarna av marklagren. Det finns inom området olika fornlämningar och ett nedlagt stenbrott som kan klassas som ett geologiskt arv. Framförallt i naturreservatet finns det höga värden på den landskapliga och ekologiska kvaliteten.

6.3.1 Arkeologiska arkiv

Information om fornlämningar finns tillgängligt på Riksantikvariets hemsida, i databasen Fornsök. Det finns två större fornborgar i den norra respektive den östra delen området inne i Änggårdens naturreservat, se Figur 6-11. Den norra, stora fornborgen[12] är från stenålder – bronsålder - järnålder och ligger på kröner av en bergrygg, skyddad i Ö, V och S med branta sluttningar och rester av en stenmur i N-NV. Den mindre av fornlämningarna inne i Änggården är också tolkad som fornborg[13], med samma ålder och liknande topografiskt läge.

En stensättning[14] är registrerad som fornlämningsliknande bildning alternativt fornlämning från bronsålder - järnålder, även den inne i Änggården, men med mycket osäker status.

Precis i kanten av industriområdet i öster ligger en boplats[15] markerad som kulturhistorisk lämning, där tidigare fynd har bestått av redskap och skärvor av flinta. Åldern är skattad till från stenålder (ca 1800 f. Kr.) och fram till nyare tid (ca 1500 e. Kr.). Området är idag dock helt eller delvis utgrävt i och med tidigare markomställning. Fornlämningen i den södra kanten av pilotstudieområdet är också markerad som boplats[16], med fynd av flinta i olika provgropar. För denna plats har det utförts en arkeologisk utredning och åldern är bedömd till stenålder – bronsålder – järnålder.

Vid sidan av skjutbanan finns en fornlämning markerad som hällristning[17] med flera stycken älvkvarnar (små huggna gropar i block eller bergytor, här i block), från stenålder – bronsålder. Vid den nuvarande Dag Hammarskjöldsleden finns också en markerad plats, där man har hittat flinta[18], men den platsen är nu helt uppgrävd.

Djupen för de olika fornlämningarna står inte angivna i Fornsök. Vissa av dem finns ytligt (fornborgar och hällristningar), men däremot fynd av flinta och redskap ligger troligtvis något

---

[11] MSBFS 2009:7 7. Gasledning i mark 2 §. Utanför ett tätbebyggt område ska avståndet mellan en gasledning i mark och en byggnad eller närmaste gräns för ett område med förväntade grävningsaktiviteter vara minst 25 m. Avståndet mellan en gasledning i mark och en brand- eller explosionsfarlig industri ska vara minst 50 m. Avståndet mellan en gasledning i mark som är förlagd parallellt med en allmän väg eller annan väg med stark trafik ska vara minst 12 m från vägbanans kant och minst 6 m från vägområdets gräns. Avståndet mellan ledning i mark som förlagts parallellt med en järnväg ska vara minst 15 m. En gasledning i mark får vara förlagd med kortare avstånd om beräkningsfaktorn F är högst 0,30. En sådan förläggning ska i varje enskilt fall vara godkänd av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

[12] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10154901890001

[13] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10154901900001

[14] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10154901910001, http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10154901910002

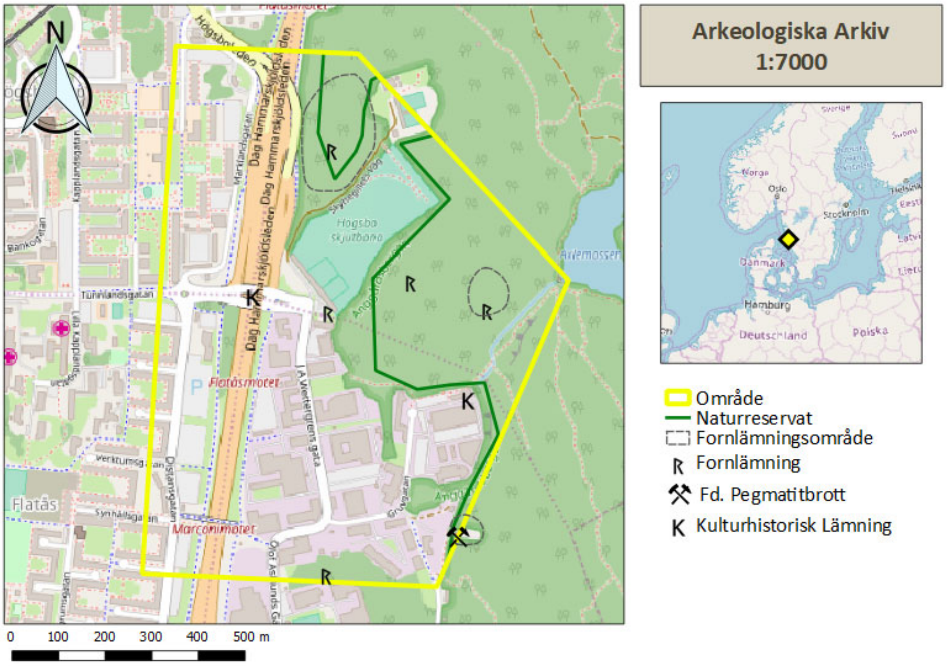
[15] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10154901980001

[16] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/12000000205099

[17] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10300400840001, http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10300400840002

[18] http://kulturarvsdata.se/raa/fmi/html/10300402880001

djupare. Sammanfattningsvis kan man säga att det finns ett flertal fornlämningar av olika typ inom pilotstudieområdet, där vissa redan är utgrävda. Det finns dock möjligheter att det finns flera lämningar som ännu inte har hittats eller registrerats. Ett skäl till dolda arkeologiska lämningar kan vara att de finns under sediment som bildades under Tapestransgressionen.



Figur 6-11. Fornlämningar; skala 1:15 000 (Riksantikvarieämbetet, 2018). Fornborgarna är markerade med R och en streckad markering. De båda K:na markerar kulturhistorisk lämning (tidigare boplatser) som helt eller delvis redan är uppgrävd. Övriga R är dels hällristning vid skjutbanan, en osäker stensättning inne i naturreservatet samt en boplats i den södra kanten av pilotstudieområdet.

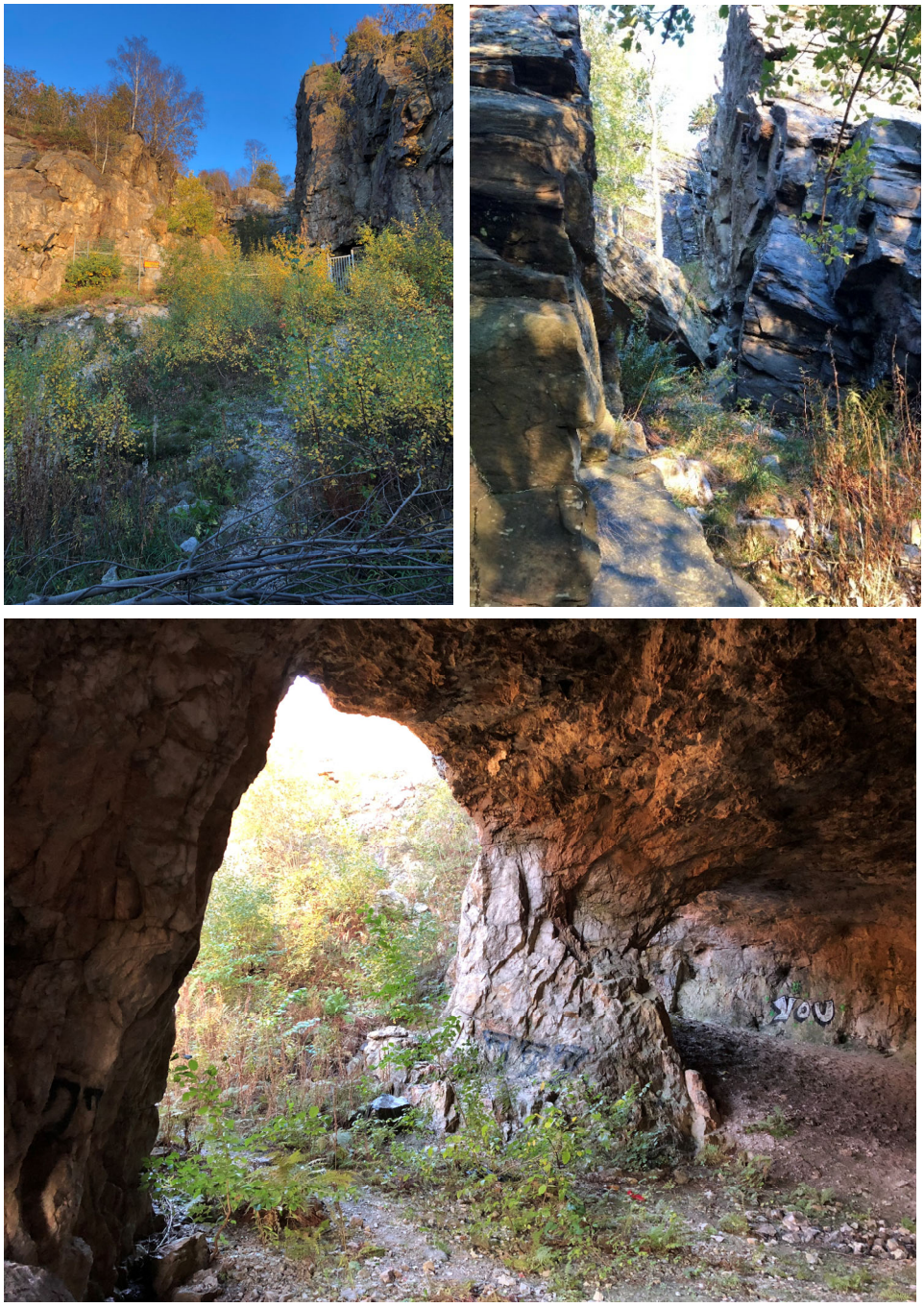
6.3.2 Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden

Området består av typiska jord och bergarter för Göteborgsområdet och har därför inget särskilt värde med avseende på sällsynthet (SGU, 2018a). Dock ligger det ett nedlagt pegmatitbrott i kanten av Änggårdsbergens naturreservat, se Figur 6-11 och Figur 6-12 (samt ett inne i Änggårdsbergens naturreservat). Det nedlagda stenbrottet inom pilotstudieområdet ligger relativt dramatiskt i en brant sluttning och är idag avspärrat av säkerhetsskäl. Idag nyttjas det framförallt som lokal i undervisningen för universitetsstudenter (Länsstyrelsen, 2018a). Om området skall utvecklas till blandstad behöver man ta ett beslut om hur det gamla stenbrottet skall hanteras.

6.3.3 Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden

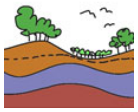
Området har en relativt typiskt västsvensk karaktär med lerfyllda dalgångar och berg med lite tunnare jordtäcke som höjer sig över de flacka dalgångarna. I pilotstudieområdet är de flacka delarna mer eller mindre helt exploaterade med byggnader och trafikleder och det äldre odlingslandskapet finns inte längre kvar. Den generella formen på landskapet finns dock kvar i ganska stor utsträckning.

Inom naturreservatet finns delar av det gamla landskapet kvar, det finns också områden längre in där det är inplanterat träd från andra världsdelar med koppling till Botaniska trädgårdens verksamhet. Det är skiftande landskap med skiftande topografi, berg i dagen och branta sluttningar, mindre sjöar och mossar, och framförallt blandskog. Området är ett populärt strövområde som helhet, men de delar som ligger inom pilotstudieområdet är relativt svårtillgängliga, de stora gångvägarna och stigarna ligger inte här, och stora delar är branta och höga bergssluttningar mot västsydväst. För att göra området lättillgängligt vid en omställning till brandstad behöver man göra tydliga entréer till grönområdet.



Figur 6-12. Bilder från det nedlagda pegmatitbrottet i Högsbos industriområde. Foto: J. Norrman (position 84-95, se Bilaga 1).

6.3.4 Ekologisk kvalitet och diversitet



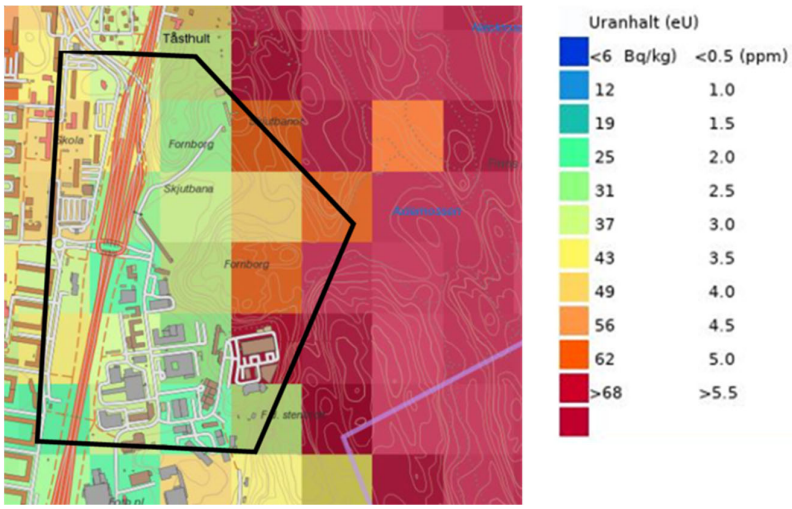
I den exploaterade delen av området är den ekologiska kvaliteten låg. Områdena i anslutning till skjutbanan är utfyllda områden, med massor av okänd kvalitet. Det finns ett antal grönytor, men de består till mesta delen av anlagd gräsmatta. De delar av naturreservatet som ingår i studieområdet har en betydligt högre ekologisk kvalitet och diversitet. Här ger variationen av berg i dagen eller ett mycket tunt jordtäcke och områden med mer bördig jord en variation i flora och fauna. Om man utvecklar området och mer människor rör sig i dessa delar riskerar man naturligtvis en viss undanträngning av de djur som lever där idag.

6.4 Reglerande kvaliteter

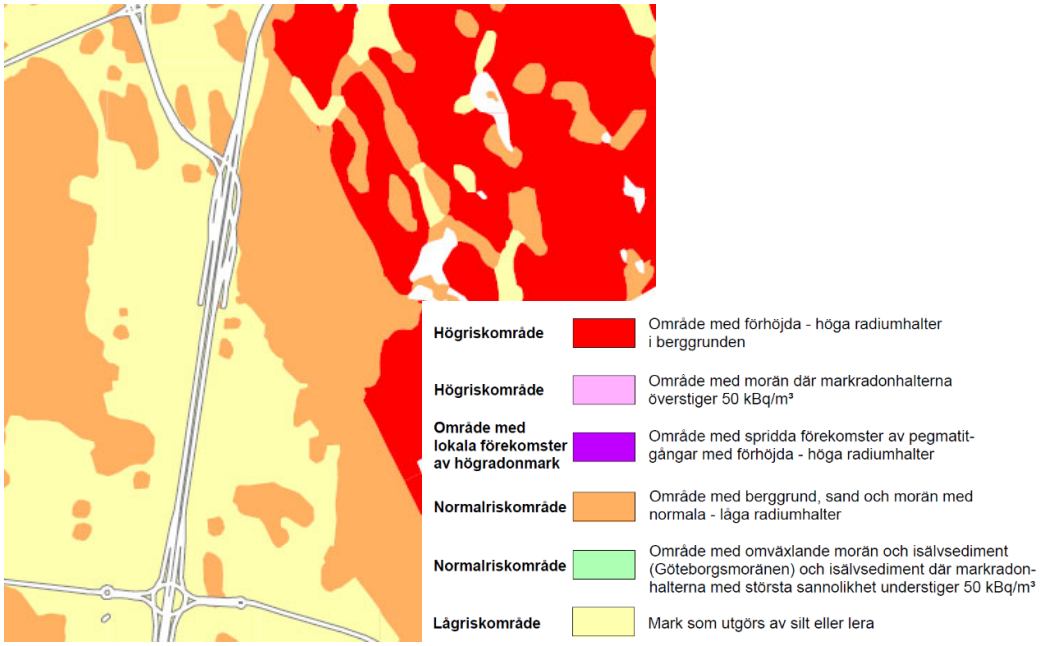
Reglerande kvaliteter handlar om olika funktioner som undermarken kan ha och som kan bidra till att reglera t.ex. översvämning, vattenkvalitet och bindande av kol. Det är stor skillnad mellan jord och berg, samt de områden man har exploaterat sedan tidigare.

6.4.1 Ren och säker jord

Berggrunden som går genom Änggårdsbergens naturreservat är känt för att ha förhöjda halter av uran, Figur 6-13. Göteborgs Stad har en radonriskkarta tillgänglig on-line, Figur 6-14. Vid byggnation på högriskområde rekommenderas att man utför byggnader med radonskydd, vilket i princip innebär att tillse att det finns tillräcklig ventilation. Det är framförallt själva naturreservatet som har förhöjda uranhalter i berggrunden och lägre risk i de områden som är bebyggda. Vid omvandling av området bör man dock kontrollera risken för radon i de delar av området som gränsar till Änggårdsbergen.



Figur 6-13. Utsnitt från SGU:s gammastrålningskarta. Studieområdet som är inringat i svart (SGU, 2018b).



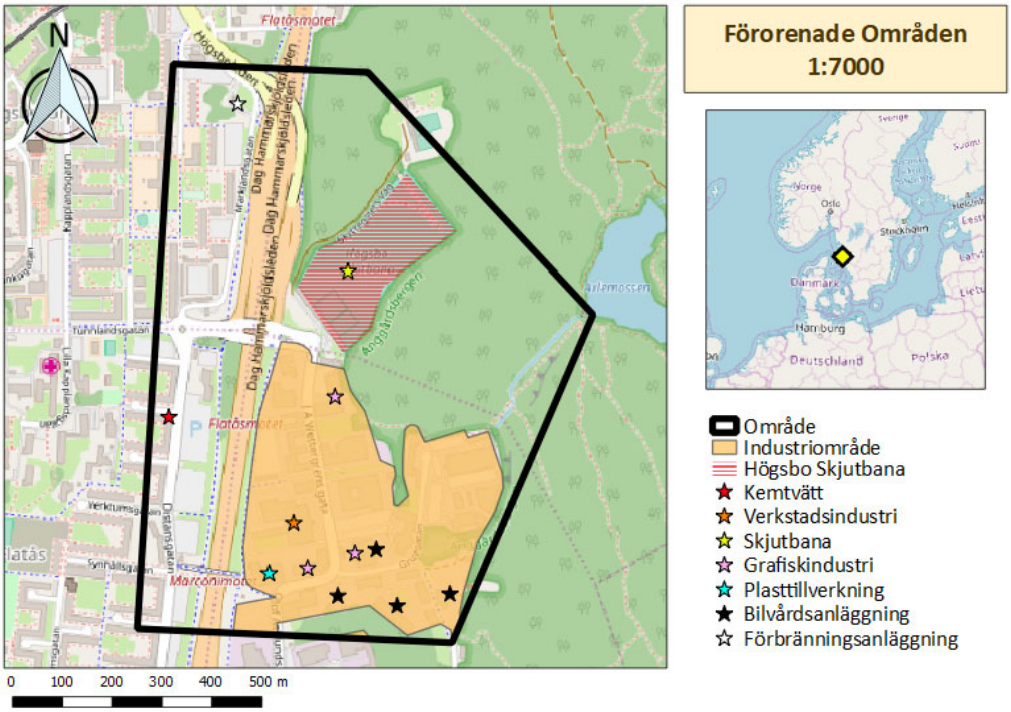
Figur 6-14. Utsnitt ur Göteborgs Stads radonriskkarta (Göteborgs Stad, 2018b).

Eftersom området på östra sidan om trafikleden är ett industriområde finns det ett antal misstänkt förorenade områden, Figur 6-15. De flesta av de markerade områdena är inte klassade enligt MIFOs riskklasser[19] utan endast markerade utifrån att det pågår industriell verksamhet på platsen. Den enda plats som har riskklassats inom området är kemtvätten (riskklass 2).

Föroreningar som riskerar att spridas som icke-vattenlösliga vätskor är olja eller andra drivmedel som kan hanteras i bilvårdsanläggningar, eller klorerade kolväten (s.k. DNAPLs) som kan ha använts i kemtvättar. DNAPL:s kan sprida sig över stora områden, via t.ex. sprickor i berggrunden som kan föra med sig förorenat grundvatten till mer än hundra meters djup (Wahlgren et al., 2015).

Strax söder om området finns två verksamheter som har riskklass 3. Verkstadsindustrin inom området är markerad att använda halogenerade lösningsmedel och skjutbanor är vanligtvis förorenade med blyhagel. Om brandövningar har hållits på skjutbanan finns det också risk för PFAS som är ett samlingsnamn för olika typer av högflourerade ämnen. Vid omställning av markanvändning på industriområdet behöver man utföra miljöriskbedömningar för att fastlägga eventuellt efterbehandlingsbehov.

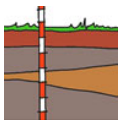
[19] Riskklasser: 1 = Mycket stor risk; 2 = Stor risk; 3 = Måttlig risk; 4 = Liten risk; E = Ej riskklassad



Figur 6-15. Potentiellt förorenade områden inom pilotstudieområdet; skala 1:7000 (Länsstyrelsen, 2018b).

6.4.2 Ekologisk markfunktion

Ekologisk markfunktion säger något om hur levande organismer trivs i jorden. Detta innebär att detta inte är aktuellt i berg. Vad som kännetecknar en god ekologisk markfunktion är beroende av vilken växtlighet som finns på platsen. I delen av området som hör till Änggårdsbergen är det varierad växtlighet, med förmodligen god ekologisk markfunktion. I det bebyggda området har dock de översta marklagren avlägsnats vid byggnation, varför denna kvalitet inte finns kvar i dessa delar av området.

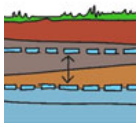


6.4.3 Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt)

Längs Änggårdsbergens sluttningar kan det finnas naturliga rasbranter, men framförallt vid det övergivna pegmatitbrottet kan det finnas risk för ras. Området är idag avspärrat även om det finns tydliga spår av att personer har vistats innanför avspärrningarna.

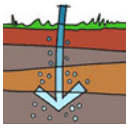
Jordlagren består till stor del av lera i de områden som ligger inom område planerat för bebyggelse. Risken för primära skred bedöms som låg då tidigare geotekniska undersökningar i området öster om Dag Hammarskjöldsleden uppskattat områdets stabilitetsförhållanden som tillfredsställande goda (Sweco, 2011). Dessa undersökningar har inte utvärderat risken för sekundära skred, vid t.ex. schaktning. Den typen av utredningar bör göras vid alla typer av anläggningsarbete som innebär schaktning i området.

Vid byggnation i berg kan man få problem i bergskärningar och med bergmassor om dessa innehåller höga halter av sulfidmineral (t.e.x pyrit, magnetkis, zinkblände m.fl.), se vidare avsnitt 6.5.4.



6.4.4 Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet)

Vattenfördröjningsförmågan i området kan generellt anses vara väldigt låg, då undermarken antingen består av berggrund med eller utan tunt moräntäcke, eller lerfyllda dalgångar (SGU, 2018b). De områden som kan ha en god infiltrationsförmåga är områden med svallat material som finns i gränsen mellan berg och jord. Dessa områden är viktiga för infiltration, men de underliggande lagren med friktionsmaterial (morän) har ingen stor kapacitet, så förmågan att magasinera vatten bedöms vara dålig.



6.4.5 Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet)

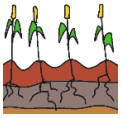
Eftersom stora delar av det bebyggda området är täckta med hårdgjorda ytor innebär detta av vatten inte kan infiltrera i dessa delar. I de delar som har genomsläppliga ytor (grönområden) är dessa jordlager inte speciellt mäktiga men kan ända ha stor betydelse för kvaliteten av det vatten som filtreras. Generellt inom området är dock vattenfiltreringsförmågan låg.

6.4.6 Markens kolbindande förmåga

Den kolbindande förmågan kan anses vara relativt god i de grönytor (framförallt naturreservat samt grönytor inom bebyggda delar) som finns men i de bebyggda delarna av området har denna förmåga gått förlorad.

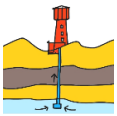
6.5 Försörjande kvaliteter

Inom området nyttjas endast grundvatten, de andra typerna av kvaliteter som kategoriseras som försörjande nyttjas inte, antingen p.g.a. att förutsättningarna inte finns eller att området ligger i stadsmiljö.



6.5.1 Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga

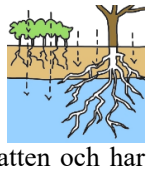
Det finns ingen information som påvisar att området används för bioproduktion, varken hos Lantmäteriet (2018), Skogsstyrelsen (2018) eller genom platsbesök. Förutsättningarna för bioproduktion på industriell skala är givetvis mycket dåliga, då det inte finns några ytor för större odlingar och mycket av den ursprungliga jordbruksmarken är exploaterad. Anläggande av odlingslotter i blandstaden skulle kunna bidra med en viss mängd närproducerad kost, dock behöver eventuella föroreningar riskbedömas och hanteras.



6.5.2 Dricks- och processvattenresurs

I området nyttjas inte grundvatten med syftet att fungera som dricks- eller processvattenförsörjning. Förutsättningarna i området är små p.g.a. de hydrogeologiska förhållandena, mycket små grundvattenmagasin i jord och i sprickigt berg. Brunnar borrade i

ber skulle på sin höjd kunna försörja enstaka hushåll, men bebyggelsen är inte utförd på sådant sätt i området.

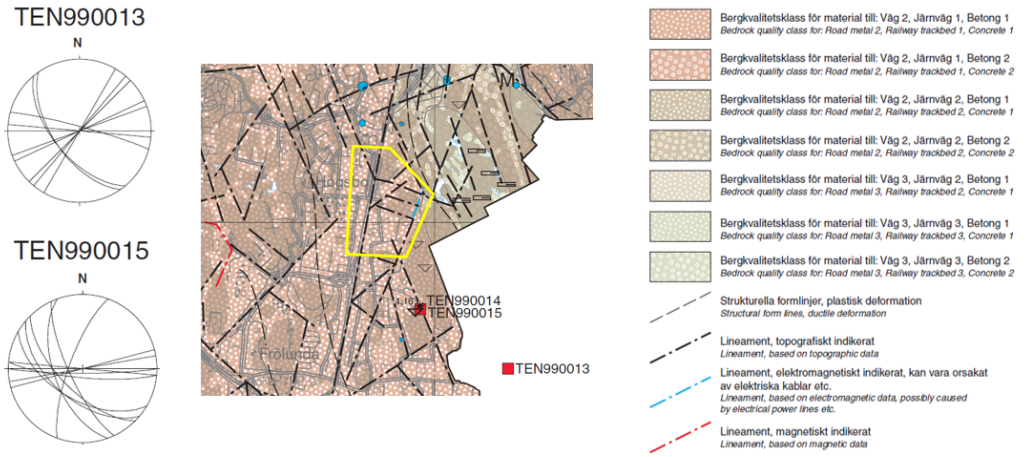


6.5.3 Grundvattenresurs

De friktionslager (morän) som underlagrar leran i dalgången innehåller grundvatten och har förmodligen stor betydelse för portrycksnivåerna i lerlagren ovanför. Försämrad infiltrationsförmåga i dessa lager kan innebära portryckssänkningar och påföljande sättningar av byggnader på leran, varför det är viktigt att inte hårdgöra viktiga infiltrationsytor. Växter i området använder det ytliga markvattnet för att tillgodose sitt vattenbehov. Den huvudsakliga flödesriktningen i de underliggande moränlagren är troligtvis söderut mot en större grundvattenresurs i Fässbergsdalen. Kvaliteten på grundvattnet bör principiellt upprätthållas för att kunna bibehålla god status i detta viktigare grundvattenmagasin.

6.5.4 Geomaterial och mineral

Området nyttjas i dagsläget inte för produktion av geomaterial. De fall man skulle kunna tänka sig att producera bergmaterial gäller byggnation i berg, där berget är bedömt att kunna ge material av god kvalitet. Figur 6-16 redovisar bergkvalitetsklasser i området för bergmaterialförsörjning. Den dominerande bergkvalitetsklassen är Väg 2, Järnväg 1, Betong 2. Lera är dock sällan ett eftertraktat material, och schakt av lera medför främst kostnader för transport och kvittblivning.

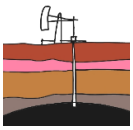


	Bergart	Kornstorlek	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Biotit	Muskovit	Hornblände	Epidot	Kalcit	Klorit	Övrigt
TEN990013	Granit, gråröd, finkornig	0,5	34	42	17	5		+				2
TEN990014	Tonalit, grå till rödgrå, finkornig till fint medelkornig	0,2 och 0,5–3	30	+	50	17	+		3	+		
TEN990015	Granit, ljust röd, finkornig	0,2–1	29	34	34	2	1		+	+		

Figur 6-16. Utklipp från bergkvalitetskarta (Specialkarta Ba 59 bkv) med korresponderande stereonät. Pilotstudieområdet är inringat i gult.

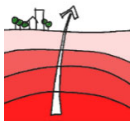
Vid byggnation i berg kan man få problem med bergmassor om dessa innehåller höga halter av sulfidmineral (t.e.x pyrit, magnetkis, zinkblände m.fl.), se vidare avsnitt 5.5.4. Vid tillfällig uppläggning av dessa massor (eller i bergskärningar) riskerar man att få utlakning av sådana

mineral och därmed surt lakvatten. Trafikverket (2015) har publicerat en handbok för hantering av sulfidförande bergarter, där man dels beskriver kedjan från karaktärsisering av bergmaterial till åtgärdsförslag.



6.5.5 Fossila resurser

Det finns inga fossila resurser i den här typen av geologi.

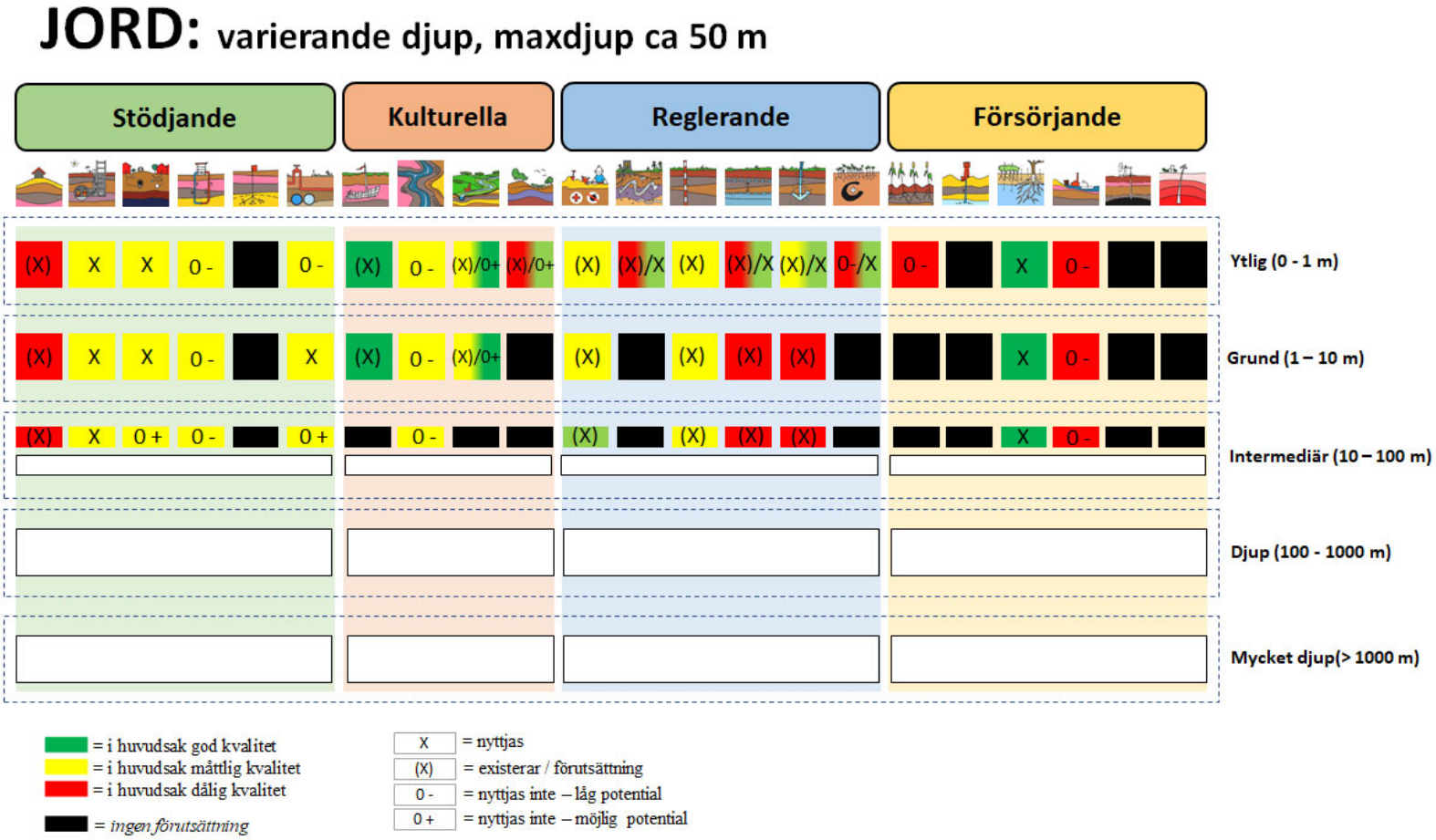


6.5.6 Geotermisk energi

Att producera ren geotermisk energi kräver djupa borrningar (> 1000 m) och är förmodligen för dyrt för att ha som enskilt typ av system. Det finns inte något sådant system installerat i detta område. Det är idag vanligare att man framförallt nyttjar ytlig geoenergi såsom redan beskrivet i avsnitt 5.2.4, men utvinning av geotermisk energi kan inte uteslutas på längre sikt.

6.6 Överblick

En överblick över pilotstudieområdets undermarkskvaliteter såsom de är genomgångna redovisas i Figur 6-17 och Figur 6-18.



Figur 6-17. Sammanfattande bild över områdets undermarkskvaliteter i jord: djup, uppskattad kvalitet, samt om de nyttjas eller om det finns potential för att nyttja dem. Tvåfärgade rutor innebär att det finns olika karaktärer inom området, se vidare beskrivningarna i respektive avsnitt.

Figur 6-18. Sammanfattande bild över områdets undermarkskvaliteter i berg: djup, uppskattad kvalitet, samt om de nyttjas eller om det finns potential för att nyttja dem.

6.7 Datatillgänglighet

Tabell 6-1 redovisar en sammanställning av vilka källor för information som använts i kartläggningen i avsnitt 6.1 – 6.5, samt hur lätt- eller svårtillgänglig informationen har varit. Det är främst tillgången till data angående undermarkskonstruktioner i området som är svårast att få tillgång till.

Tabell 6-1. Sammanfattande tabell över vilka källor som använts för att utvärdera respektive undermarkskvalitet samt korta kommentarer gällande tillgängligheten på informationen.

Kat.	Kvalitet	Datatillgänglighet	Källor
Stödjande kvaliteter	Bärförmåga	SGUs geologiska kartmaterial är lättillgängligt. Specifika geotekniska utredningar fanns tillgängliga på begäran via Stadsbyggnadskontorets (SBKs) arkiv.	Sweco (2011)[a], WSP (2006)[a], SGU (2000), SGU (2018a)
	Utrymme – Undermarks-konstruktioner	Generellt svårtillgänglig. Går att begära ut arkivmaterial (t.ex. relationshandlingar, pålningsprotokoll) för grundläggning av enskilda fastigheter. Internt på SBK kan personer med behörighet följa upp fastighet för fastighet huruvida det finns djupare undermarks-konstruktioner inom fastigheten som kan medföra restriktioner för andra konstruktioner ovanför eller under markytan.	Delvis sekretessbelagt Göteborgs stadsbyggnadskontor (1992; 1994; 1995; 1996; 2018)[a]
	Utrymme – Ledningar	Lättillgänglig via Ledningskollen, sekretessbelagt för berg.	Göteborgs Energi (2018), Kretslopp & Vatten (2018), Swedegas (2018)
	Geoenergi – Lagring av värme och kyla	Information om geoenergibrunnars placering och djup är lättillgänglig via brunnsarkivet och finns i kartvisaren.	SGU (2018b)
	Undermarkslagring	Den geologiska informationen är lättillgänglig via SGUs kartmaterial men tolkning av informationen krävs för att kunna bedöma kvaliteten.	SGU (2000), SGU (2018a)
	Utrymme - pipelines	Lättillgänglig via Ledningskollen, sekretessbelagt för berg.	Swedegas (2018)
Kulturella kvaliteter	Arkeologiska arkiv	Informationen är lättillgänglig via Riksantikvarieämbetets hemsida.	Riksantikvarieämbetet (2018)
	Geoarkiv	Information om det enda som bedömts vara geoarkiv fanns i flera kartmaterial. Information om hur det nyttjas fanns hos Länsstyrelsen pga. pågående utredning.	Riksantikvarieämbetet (2018), SGU (2000), SGU (2018a); Länsstyrelsen (2018a)
	Landskaplig kvalité	Ej direkt tillgänglig, antagen. Kan eventuellt använda Skogskartan från SLU.	SLU (2019)
	Ekologisk kvalité	Ej direkt tillgänglig, antagen	-

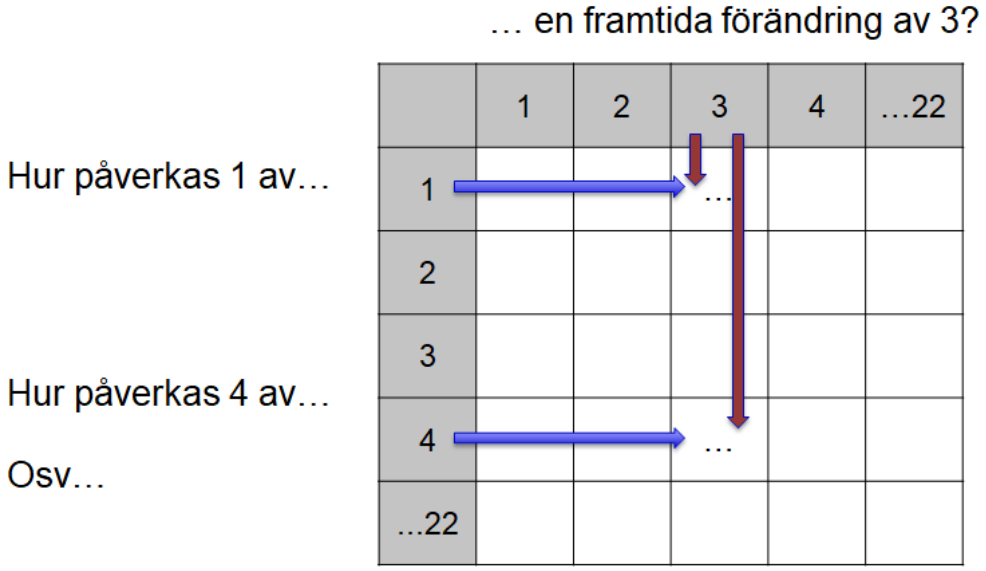
Reglerande kvaliteter	Ren och säker jord	Lättillgänglig via MIFO-databasen hos Länsstyrelsen samt SGUs karttjänst gällande gammastrålning. Göteborgs stad har tagit fram radonriskkartor.	Länsstyrelsen (2018b), SGU (2018b), Göteborgs Stad (2018b)
	Ekologisk markfunktion	Ej direkt tillgänglig, antagen	
	Markens beständighet	Tolkning av geologisk information (lättillgänglig) samt stabilitetsutredningar (på begäran).	Sweco (2011)[a], WSP (2006)[a], SGU (2000), SGU (2018a)
	Vattenfördröjnings-förmåga	Tolkning av geologisk information, jordartskartan.	SGU (2018a), SGU (2018b)
	Vattenfiltrerings-förmåga	Tolkning av geologisk information (jordartskartan) samt markanvändningskartor där hårdlagda ytor tolkades.	SGU (2018a)
	Kolbindande förmåga	Ej direkt tillgänglig, antagen	-
Försörjande kvaliteter	Bioproducerande förmåga	Tillgänglig via Lantmäteriets öppna geografiska data, för jordbruksmark, eller på Skogsstyrelsen karta över skogliga grunddata, för skogsbruk. Finns även skogsdata från SLU men den källan har inte använts i den här rapporten.	Lantmäteriet (2018), Skogsstyrelsen (2018) SLU (2019)
	Dricksvattenresurs	Tillgänglig via brunnsarkivet samt tolkning av geologisk information (jordartskartan, berggrundskartan).	SGU (2018a), SGU (2018b),
	Grundvattenresurs	Tolkning av geologisk information (jordartskartan).	SGU (2018a), SGU (2018b)
	Geomaterial	Bergkvalitetsdata finns som kartlager, i övrigt är det tolkning av geologisk information (jordartskartan, berggrundskartan).	SGU (2000)
	Fossila resurser	Tolkning av geologisk information	-
	Geotermisk energi	Information om geoenergibrunnars placering och djup är lättillgänglig via brunnsarkivet och finns i kartvisaren.	SGU (2018b)

[a] *tillhandahållet av Göteborgs Stadsbyggnadskontor (SBK)*

7 Analys av konflikter och synergier

7.1 Interaktionsmatris: synergier och konflikter

För att kunna systematiskt gå igenom vilka potentiella synergier och konflikter ett ökad nyttjande av olika typer av undermarkskvaliteter skulle kunna medföra har en s.k. interaktionsmatris använts. I korthet kan det beskrivas som att man systematiskt går igenom kvalitet för kvalitet och hur en förändring av en vald kvalitet successivt påverkar alla andra kvaliteter, se illustration av metodik i Figur 7-1. Det huvudsakliga syftet med matrisen har alltså varit att kunna göra en systematisk analys.



Figur 7-1. Illustration av en systematisk genomgång av potentiella konflikter och synergier mellan olika undermarkskvaliteter.

Resultatet av analysen presenteras på tre olika sätt:

- En sammanfattning av de viktigaste slutsatserna från analysen genom en temavis framställning, se vidare avsnitt 7.2 – 7.9. Planeringsteman har valts utifrån stadens tekniska system (Johansson, 2016) och andra vanligt förekommande teman och är följande: *Vatten, Energi, Avfall, Transport och kommunikation, Byggnader, Grönstruktur, Kulturarv* och *Föroreningar*. Den här sammanfattningen är den form som är enklast att ta till sig.
- En översiktlig interaktionsmatris, med enklare färgkodning för att illustrera resultatet i matrisform, se Figur 7-2 på nästa sida. Figuren redovisar de troligaste sambanden i pilotstudieområdet och skall inte tolkas som en generell interaktionsmatris som är giltig oberoende av plats.
- En detaljerad interaktionsmatris i Excelformat (Bilaga 2) som ligger till grund för analysen finns här: https://research.chalmers.se/publication/516552. Som läsare måste man inte gå in i matrisen och läsa vad som står i varje ruta, men dokumentationen har gjorts tillgänglig för ökad transparens.

Undermarkens kvaliteter (geosystemtjänster) i Flataområdet och hur dessa kan påverka varandra

P	Positivt/Plus
M	Negativt/Minus
P/M	Plus eller minus
I	Ingen påverkan/neutralt

Jord	Berg		Bärande/stödjande	Bärförmåga och mekanisk stabilitet	Undermarkskonstruktioner	Utrymme under mark - Ledningar, kablar och rör	Geoenergi: Lagring av värme/kyla	Undermarkslagring i naturliga formationer	Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk	Informativa/kulturella	Arkeologiska arkiv	Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden	Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden	Ekologisk kvalitet och diversitet	Reglerande	Ren och säker jord	Ekologisk markfunktion	Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt)	Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet)	Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet)	Markens kolbindande förmåga	Producerande/försörjande	Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga	Dricks- och processvattenresurs	Grundvattenresurs	Geomaterial och mineral	Fossila resurser	Geotermisk energi
		Bärande/stödjande																										
(X)	(X)	Bärförmåga och mekanisk stabilitet																										
X	0+	Undermarkskonstruktioner																										
X	0+	Utrymme under mark - Ledningar, kablar och rör																										
0-	X/0+	Geoenergi: Lagring av värme/kyla																										
		Undermarkslagring i naturliga formationer																										
X	0+	Pipelines och rörledningar – storskaliga nätverk																										
		Informativa/kulturella																										
(X)	(X)	Arkeologiska arkiv																										
0-	0+	Geoarkiv: Geologiskt arv eller geologiska naturvärden																										
(X)	0+	Landskaplig kvalitet och diversitet – landskapstyper och karaktärsområden																										
(X)	0+	Ekologisk kvalitet och diversitet																										
		Reglerande																										
(X)	(X)	Ren och säker jord																										
(X)		Ekologisk markfunktion																										
(X)	(X)	Markens beständighet (fysiskt/mekaniskt och kemiskt)																										
(X)	(X)	Vattenfördröjningsförmåga (volym/kvantitet)																										
(X)	(X)	Vattenfiltreringsförmåga/kapacitet (kvalitet)																										
0-		Markens kolbindande förmåga																										
		Producerande/försörjande																										
0-		Markens bioproducerande förmåga – biologisk produktionsförmåga																										
	0-	Dricks- och processvattenresurs																										
X	X	Grundvattenresurs																										
0-	0-	Geomaterial och mineral																										
		Fossila resurser																										
	0+	Geotermisk energi																										

Figur 7-2. Den förenklade interaktionsmatrisen för pilotstudieområdet. Ljust grön färg indikerar en trolig positiv påverkan. Ljust röd färg indikerar trolig negativ påverkan. Ljust gul färg indikerar att påverkan kan vara såväl positiv som negativ vid framtida förändringar beroende på hur området planeras. Ljust blå färg indikerar ett neutralt förhållande under normala omständigheter. Ljust grå färg indikerar (förutom indelningen i typer av kvaliteter) att den aktuella tjänsten inte finns eller inte kommer att nyttjas i området. Till vänster redovisas samma klassning som i sammanställningen av kartläggningen i avsnitt 6.

7.2 Vatten

7.2.1 Behov i området

Det finns försörjande behov i området som hör ihop med våra tekniska ledningssystem under mark:

- För försörjning av dricksvatten (och processvatten) krävs utrymme under markytan för att förlägga ledningar.
- För avloppsvattenhantering krävs utrymme under markytan för att förlägga ledningar och eventuella pumpar.

Det finns också behov i området som är av mer reglerande karaktär och som är delvis beroende av ett funktionellt ”naturligt system” i undermarken:

- Dagvattenhanteringen och dränering i området behöver vara effektiv och tillräcklig för att avlasta avloppsvattensystemet samt att förhindra översvämningar. Man behöver troligtvis ha en kombination av lokalt omhändertagande och fördröjning nära källan. Eftersom jordlagren inte har en hög naturlig kapacitet att magasinera vatten och på så sätt reglera höga nederbördsmängder, så finns det troligtvis behov av att komplettera med fördröjningsmagasin. Fördröjningsmagasin kan förläggas som dammar vid markytan men kan också utformas som undermarkskonstruktioner.
- Bibehållande av grundvattennivåer är viktigt av olika anledningar, bland annat för att:
    - motverka sättningar och skred,
    - försörja ekosystem med vatten, samt
    - bibehålla värmeväxlande förmåga för energibrunnar

Sänkta portryck kan leda till marksättningar (ökad effektivspänning i materialet) och förhöjda portryck kan innebära ökade skredrisker. Samspelet mellan lerornas portryck och nederbördens infiltration, grundvattenbildning är väsentlig att upprätthålla. För att grundvattennivåer skall kunna bibehållas krävs att tillräckligt med nederbörd kan infiltrera i marklagren och nå viktiga (men begränsade) grundvattenmagasin. Detta innebär alltså att områden som är viktiga för infiltration behöver kunna behålla sin infiltrationskapacitet. Om konsekvenserna av minskad grundvattenbildning skall kunna bedömas med bättre precision finns ett behov av att kartlägga den underlagrande moränens utbredning och mäktighet.

Vid byggande i området finns det eventuellt behov av att hantera länsvatten vid schaktning, båda vad gäller kvantitet och kvalitet.

7.2.2 Möjligheter och innovationer

Vid storskalig omvandling av område inklusive ledningsnät finns det möjligheter att samförlägga ledningar, s.k. MUT. Dock finns det fortfarande en del juridiska aspekter som är oklara vid den här sortens lösningar, men trots stora investeringskostnader finns möjligheter att spara pengar (och utrymme) gällande underhåll.

För att utnyttja s.k. lokalt omhändertagande av dagvatten så finns det möjligheter att använda utrymme under markytan för att anlägga utjämningsmagasin. Till exempel skulle man kunna nyttja utrymmet under trafikleden (eller andra gator) för dagvattenmagasin om det utrymmet inte upptas av annat.

Betydligt mer långtgående lokalt omhändertagande av dagvatten skulle kunna vara att använda dagvatten till toaletter i området, men det kräver en helt annan typ av system för att kunna genomföras.

7.2.3 Risker kopplat till utveckling av området

Risker som bör tas hänsyn till i planeringsskedet är:

- För mycket hårdgjorda ytor på fel ställen kan leda till översvämningsproblematik, effektiv dagvattenhantering behövs, också med tanke på eventuellt ökad nederbörd.
- För stor omfattning av hårdgjorda ytor på fel ställen förhindrar nederbördsinfiltration, vilket kan leda till sänkta grundvattennivåer i moränlager och minskade portryck i lerlagren, vilket i sin tur kan leda till:
    - mer omfattande eller ojämna sättningar i lera
    - sämre effektivitet i energibrunnar
- Å andra sidan kan för höga trycknivåer öka känsligheten för skred i området, vilket sker om man genomför en omfattande infiltration till grundvattnet för att bibehålla nivåer utan förståelse för grundvattenmagasinens egenskaper.

De ytor som inte bör hårdgöras är framförallt områden med svallat material som återfinns främst i anslutningarna mellan bergssidor och lerområden. Det kan också finnas andra områden med mer genomsläppligt material.

Risker som kan finnas idag eller som skulle kunna uppstå i byggskeden är:

- Transport och spridning av föroreningar i grundvatten vid omfattande schaktningsarbeten eller andra undermarkskonstruktioner. Detta kan gälla befintliga föroreningar i mark, men vid sprängningsarbetet så får man ofta problem med kväveföroreningar från byggvatten. Eventuellt kan dessa hanteras med infiltration i grönområden.
- Transport och spridning av föroreningar i ledningssystemen, framförallt dagvattensystemen.

7.3 Energi

7.3.1 Behov i området

Behoven i området består i princip av värme, kyla och el. Idag finns det tre huvudsakliga försörjningsystem: fjärrvärme, en större energibrunnsanläggning och elnätet. Dessutom finns en gasledning genom området.

7.3.2 Möjligheter och innovationer

För fjärrvärme och elnätet kan samförläggning av ledningar vara en möjlighet (MUT), se även kommentarer till tema Vatten.

Det finns möjlighet för en ännu större andel självförsörjning i området med geoenergi, men ett sådant utökat system har fortfarande ett visst behov av el för att kunna fungera. I kombination med solfångare skulle dock även el kunna produceras och öka graden av självhushållning. Idag ges företräde till fjärrvärme, men i framtiden kan det komma riktlinjer om hur mycket energi man får köpa in till ett område i förhållande till hur mycket som bör produceras på plats. I takt med klimatfrågan, kan det mycket väl komma ökade krav på klimatneutral energiförsörjning.

Genom geoenergi finns också möjligheter till att försörja behov av kyla.

Energiinnehållet i avloppsvatten kan nyttjas som energikälla, men kräver då en utformning av som möjliggör detta.

7.3.3 Risker kopplat till utveckling av området

En uppenbar risk vid utveckling av området är möjliga utrymmeskonflikter under markytan om fler energibrunnar installeras. Den relativt stora anläggningen som ligger där idag har dock i nuläget ingen uppenbar utrymmeskonflikt kopplat till trafikleder eller andra större

undermarksanläggningar. Dock kan för hög nyttjandegrad av energibrunnar påverka effektiviteten i systemen, så en omfattande utbyggnad bör genomföras med detta i åtanke.

7.4 Avfall

7.4.1 Behov i området

Avfall behöver tas omhand i området. Lagstiftning säger att man behöver sortera organiskt avfall från annan typ av avfall före deponering eller vidare behandling.

7.4.2 Möjligheter och innovationer

Undermarken kan användas för att konstruera avfallssystem under markytan för vissa typer av avfall, t.ex. komposterbart material och hushållssopor (restmaterial).

En möjlig användning av komposterbart material i närområdet är att återföra kompost till t.ex. skjutbanorna. Skjutbanorna består troligtvis av fyllnadsmaterial av oklart ursprung och om området skall användas för att utveckla nya grönområden så kan kompost användas som jordförbättring och för förbättrade ekologiska markfunktioner.

7.4.3 Risker kopplat till utveckling av området

Kompostering lokalt kan eventuellt medföra risker m.a.p. föroreningar. Om system anläggs under markytan finns det även risk för utrymmeskonflikter som behöver hanteras i planeringsskedet.

7.5 Transport och kommunikation

7.5.1 Behov i området

Det finns ett behov av genomgående trafik i området, från innerstaden (Linnéplatsen) och ut mot yttre områden. Det diskuteras att omvandla Dag Hammarskjöldsleden (D-HL) till boulevard samt en eventuell nedsänkning av trafikleden (eller något trafikslag) under markytan.

Områdets behov av ITK- infrastruktur försörjs med hjälp av utrymme under markytan. Framkomligheten för arbetsfordon behöver vara tillfredställande ovanför markytan.

7.5.2 Möjligheter och innovationer

Det finns möjlighet att separera persontrafik från kollektivtrafik, cyklister och fotgängare och vissa trafikslag kan förläggas under markytan. Exempel finns från Seattle (USA) där kollektivtrafiken går under markytan, men mer modernt är att förlägga persontrafik i undermarken och ge företräde åt kollektivtrafik, fotgängare och cyklister ovanför markytan. Andra exempel är Montreal (Kanada) och Sapporo (Japan) där det finns stora boulevarder i undermarken med shoppingcenter för fotgängare. Där har man valt att flytta ner fotgängare under markytan p.g.a. det relativt stränga vinterklimatet med stora mängder snöfall som orsakar framkomlighetsproblem för fotgängare på markytan vintertid.

Det finns olika tekniska lösningar på en nedbyggd trafikled:

- ”Cut-and-cover” som bygger på att man gräver ner trafikleden för att sedan göra en överdäckning och att utforma en boulevard på överdäckningen.
- Att alternativ är att förlägga trafikleden i annan sträckning, men då genom berg istället för genom den lerfyllda dalgången. En alternativ sträckning är under Änggårdsbergen, med infart i närheten av Linnéplatsen och utfart någonstans i södra delen av Flatåsområdet och D-HL omvandlas till boulevard. En sådan teknisk lösning har möjlighet att vara ett billigare alternativ än cut-and-cover, men kräver annan planering vad gäller påslagen till

en tunnel. Dock finns information om andra eventuella undermarksanläggningar i Änggårdsbergen inte lätt tillgängligt.

Dessa två olika lösningar ger möjlighet att utnyttja utrymmet under D-HL på olika sätt. En cut-and-cover skulle kunna ge möjlighet för andra infrastrukturslag under markytan (t.ex. MUT som ett huvudstråk genom området). Dragning under Änggårdsbergen ger större tillgängligt utrymme under D-HL för både MUT och t.ex. utjämningsmagasin för dagvatten.

Gällande ITK-infrastruktur så finns anledning att överväga samförläggning av ledningar, kablar och rör i högre utsträckning (MUT), speciellt om gatustrukturen görs om. Hur stora omvandlingar i gatustrukturen som kan göras är troligtvis kopplat till hur högt markvärdet blir vid markomställningen.

7.5.3 Risker kopplat till utveckling av området

Risker med överdäckning av trafikleder är framförallt kopplat till explosionsrisker vid transporter med explosionsfarligt material, varför trafikleder som är nedsänkta kan behöva restriktioner för den typen av transporter. Tunnelalternativet i berg löper inte samma risk för kringliggande bebyggelse och där behöver inga sådana typer av restriktioner införas. Sättningsrisker är även en viktig del att utreda vid nedsänkningar. Slutligen riskerar en tunnelsträckning under Änggårdsbergen att vara i (utrymmes)konflikt med andra (sekretessbelagda/okända) undermarkskonstruktioner, men givetvis kan även en nedsänkning av trafikled under D-HL innebära utrymmeskonflikter under markytan.

7.6 Byggnader

För Flatås har Göteborgs stad en vision för utbyggnaden som innebär att området troligtvis kommer att präglas av flerbostadshus, kontorsbyggnader och mindre industrilokaler. Därtill tillkommer mindre anläggningar med kopplingar till områdets infrastruktur och service samt vissa publika lokaler. Merparten av nybyggnationen kommer troligtvis att ske på markytan eller utformas så att måttliga jorddjup eller bergvolymer tas i anspråk.

7.6.1 Behov i området

De ingenjörsgeologiska och geotekniska förhållandena präglas av finsediment, huvudsakligen marina leror som avsatts på tunna moränlager och kristallin berggrund.

Sammanfattningsvis så är markstabiliteten för jordlagren starkt kopplad till vatten, dvs grundvattennivåer och portryck, i undermarken. Markstabiliteten påverkas alltså av konstruktionernas täthet i underliggande berggrund, dränerande ledningsgravar, punktvis läckande vattenledningar, hårdgjorda ytor i grundvattenbildningsområden, oönskade temperaturer under fryspunkten för energibrunnar i jord/bergterräng (se avsnitt 7.2).

Berggrundens mekaniska egenskaper bedöms utifrån det översiktliga geologiska underlaget som goda och vara lämpliga för undermarkskonstruktioner. De branta sluttningarna från naturreservatet ned mot dalgången ger dock upphov till risk för bergras.

7.6.2 Möjligheter och innovationer

Grundläggning av källare, garage etc. är möjliga konstruktioner i jordlagren och utformas med hänsyn till områdets geotekniska heterogenitet, speciellt vad gäller jorddjup. Stora ingrepp, t.ex. en trafikled (överdäckning eller i berg) kräver särskilda utredningsinsatser i perspektiv av övrig infrastrukturutbyggnad, se avsnitt 7.4.2.

Berggrunden bedöms ha goda förutsättningar att ge synergieffekter mellan olika undermarkskonstruktioner, infrastruktur och byggnation och skulle kunna nyttjas för olika typer av anläggningar. Det finns möjligheter att genomföra mer omfattande infrastukturförändringar vad gäller transport- och kommunikationssystem som kan anläggas i områdets berggrund (se avsnitt 7.5). Detta behöver dock utredas ytterligare, då förekomsten av eventuella befintliga undermarksanläggningar är okända i nuläget.

Från eventuella undermarksprojekt i berggrunden i området finns möjligheter till produktion av krossade bergmaterialprodukter av god kvalitet.

7.6.3 Risker kopplat till utveckling av området

I sammanfattning bedöms följande huvudsakliga risker föreligga:

- Områdets sättningsbenägenhet innebär potentiella risker (miljö, ekonomi) som bör hanteras i projekteringsskedet av exploateringen. Jorddjupen varierar starkt inom området. I de södra delarna av området uppgår lermäktigheterna till ca 30 m medan berggrunden går i dagen mot Änggårdsberget. Detta innebär att det vid portryckssänkningar finns förutsättningar för ojämna sättningar i grundläggnings-konstruktioner.
- I sammanhanget bör nämnas att markanta förändringar i områdets planerade parkmark/ landskapsutformning med omfattande omflyttningar av jordmassor också kan ge ojämna sättningar i lerlagren.
- De branta bergsluttningarna ger upphov till rasrisker i vissa delar av området som måste beaktas vid byggnation.
- Det föreligger en viss möjlighet till att arkeologiska fyndigheter från Sandarnakulturen kan påträffas i samband med grundläggningsarbeten eller markschaktning vilket kan påverka byggandet
- Eventuella restriktioner vad gäller Flatåsområdets utbyggnad bör följas upp och måste beaktas med hänsyn till kommande reservatsbestämmelser för Änggårdens naturreservat.

7.7 Grönstruktur

7.7.1 Behov i området

Änggårdsbergens naturreservat ligger nära Flatåsområdet och är en värdefull tillgång med avseende på grönområden för rekreation, djurliv samt förbättring av luft och klimat. Men även i det nya utvecklingsområdet finns behov av gröna områden och att sammanlänka grönstrukturer, för att åstadkomma gröna stråk. Trafikleden (D-HL) skapar en barriär mellan grönområden på bägge sidor leden. Gröna stråk är viktiga för djur att kunna förflytta sig mellan områden. Om området som gränsar till Änggårdens naturreservat skall utvecklas så att man har en god tillgänglighet till grönområden behöver man förmodligen också skapa fler entréer till naturreservatet.

7.7.2 Möjligheter och innovationer

För att åstadkomma grönområden inom bebyggda områden behöver man säkerställa att marken har en god ekologisk markfunktion. Genom att förlägga olika funktioner under markytan kan man eventuellt frigöra större arealer för grönområden.

Skjutbanan som är gammal utfylld våtmark kan ställas om till grönområde och utgöra en ny entré till Änggårdens naturreservat, men behöver efterbehandlas eftersom fyllnadsmaterialet dels är förorenat av ammunitionsrester från skjutbanan samt att fyllnadsmaterialet i sig kan ha föroreningar. Beroende på hur risken för människors hälsa och miljö ser ut i området, kan eventuellt skonsamma saneringsmetoder användas, t.ex. jordförbättring kombinerad med fytosanering. Fördelen med skonsamma saneringsmetoder är att de har förmågan att reducera risker samtidigt som den ekologiska markfunktionen förbättras i jorden. Nackdelen är att det tar lång tid att åstadkomma stora reduktioner av föroreningshalter, och de behöver ofta kombineras med andra metoder om det finns s.k. *hot-spots* som utgör oacceptabla risker. Eventuellt kan skjutbanan omvandlas till odlingslottsområde om risksituationen tillåter det.

7.7.3 Risker kopplat till utveckling av området

De främsta riskerna för grönområden kopplat till undermarken är förekomsten av föroreningar som behöver hanteras, se avsnitt 7.9.

7.8 Kulturarv

7.8.1 Behov i området

Behov kopplat till kulturarv gäller främst bevarandet av fornlämningar eller andra typer historiska minnesmärken eller företeelser. Ibland kan man förstärka bilden av ett område genom att framhäva olika typer av kulturarv.

I Flatåsområdet finns ett antal olika kartlagda fornlämningar, framförallt på gränsen till och inom Änggårdsbergens naturreservat. Området ligger så till i terrängen att det finns en möjlighet att äldre fornlämningar från den s.k. Sandarnakulturen kan förekomma under lerlagren, se avsnitt 6.3.1. Detta är dock högst spekulativt då inga bekräftande arkeologiska undersökningar eller kartläggningar har hittats.

Ett industriellt kulturarv som finns i området är det gamla pegmatitbrottet. Oavsett om det bevaras och lyfts fram som ett arv (industriellt kulturarv och geologiskt arv) eller ej så behöver man säkerställa området på så sätt att inga ras kan ske om området öppnas och görs tillgängligt för besökare. I dagsläget är avspärrningarna inte tillräckliga för att hålla besökare ute.

7.8.2 Möjligheter och innovationer

När det gäller kulturarv kopplade till undermarken finns möjligheter att offentligt förevisa dessa platser. De arkeologiska fyndigheterna är relativt små, men i planeringen kan sådana platser sparas från exploatering och istället framhävas med t.ex. skyltning. Framförallt det gamla pegmatitbrottet och dess historiska betydelse utgör en möjlighet som pedagogisk plats (för andra än geologistudenter).

7.8.3 Risker kopplat till utveckling av området

Den största säkerhetsrisken är kopplad till det gamla pegmatitbrottet och eventuella ras. Om man dessutom vill öka tillgängligheten till platsen så ställer också detta ökade krav på säkerhet för besökare.

Det kan också finnas konflikter mellan exploatering och bevarande av olika fornlämningar. Fornlämningar har generellt ett högt skyddsvärde genom lagstiftning och kan, om det inte kartläggs innan exploatering, försena byggprojekt och medföra höga extrakostnader.

7.9 Föroreningar

7.9.1 Behov i området

Vid förändrad markanvändning i Flatåsområdet finns behov av att kunna hantera föroreningar som finns i jorden så att det inte kvarstår oacceptabla hälso- och miljörisker. I gamla industriområden finns det vanligtvis rester av föroreningar från tidigare verksamheter, och vid omställning till bostadsområden krävs ofta efterbehandling för att nå acceptabla risknivåer.

Dessutom finns det viss radonproblematik i området och när man bygger i närheten av (eller på) områden med radonrisk behöver man undersöka bakgrundsstrålningen. Om den är för hög måste huskonstruktionerna utföras så att radon kan ventileras bort för att undvika för höga halter i inomhusluften.

7.9.2 Möjligheter och innovationer

Schaktsanering är den vanligaste typen av efterbehandling av förorenad jord, speciellt vid exploatering då man vanligtvis behöver utföra efterbehandlingen på kort tid, och då man ändå

utför schaktning som en del i byggprocessen. Schaktsanering betraktas som en säker metod men är kostsam. Transporter och grävarbeten kan skapa utsläpp och innebär olycksrisker. Vidare krävs nytt material för återfyllnad.

För områden där man har längre tid, eller där föroreningar har trängt djupt ned bör man överväga alternativ till schaktsanering.

Mark som är lätt förorenad och skall återställas till grönytor (t.ex. skjutbanorna), där man alltså inte har samma tidspress på sig att få ett färdigt resultat, kan eventuellt efterbehandlas med mer skonsamma metoder. T.ex. jordförbättring och fytosanering skulle kunna förbättra de ekologiska markfunktionerna.

Sammanfattningsvis skulle efterbehandlingsalternativ som innebär mindre transporter och mindre förbrukning av olika typer av resurser ha stora fördelar ur hållbarhetssynpunkt.

7.9.3 Risker kopplat till utveckling av området

Borrningar, t.ex. för geoenergi eller för markundersökningar, i områden där det kan finnas föroreningar av vätskor (petroleumprodukter eller klorerade lösningsmedel), kan innebära att man skapar en ökad exponering och spridning av föroreningar. Industrier som kemtvätt, verkstadsindustri och bilverkstäder, som finns i fallstudieområdet, kan ge upphov till den här typen av föroreningar.

Berghällar och bergytor i schaktgropar bör undersökas m.a.p. radonrisker.

8 Diskussion

Planering för ett hållbart samhällsbyggande kräver en helhetssyn. Den konceptuella utgångpunkten för denna fallstudie, med fokus på undermarkens resurser sett i ett planeringsperspektiv, är samspelet mellan bebyggelse, infrastruktur, grönstruktur och kulturella arv. De tekniska systemens grundstruktur karakteriseras av transporter och kommunikation, vatten- och avloppshantering, energiförsörjning och avfallshantering. Kommunalt byggande och förvaltning präglas traditionellt av en organisering som följer ovanstående begrepp eller grundfunktioner. För att lösa framtidens förtätningsproblem och infrastrukturutbyggnad med ökad användning och planering av undermarkens resurser krävs sannolikt mer utvecklade samråd mellan kommunala förvaltningar. Bredare förankring i den kommunala organisationen kräver i sin tur förändrade planeringsrutiner och pedagogiska analysverktyg. Fallstudien om Flatås skall ses som en metodikstudie för hur undermarkens resurser bättre skall kunna integreras med framtida kommunal planering. Det är viktigt att påpeka att arbetet huvudsakligen är utfört av forskare med geovetenskaplig och byggteknisk bakgrund. En bredare kompetensgrupp med t.ex. planarkitekter, landskapsarkitekter och ekologer hade varit fördelaktigt och inneburit en mer heltäckande analys, speciellt av de mer ekologiska och planarkitektoniska delarna.

Vikten av att förstå de geologiska förhållandena för en långsiktig hushållning med kommunernas resurser betonas av Sveriges geologiska undersökning (SGU, 2016; 2017). En viktig utmaning är hur informationen om de geologiska förhållandena och vad det innebär för planeringsförutsättningarna kommuniceras. En viktig del i arbetet i föreliggande rapport har varit att utforska på vilket sätt geologisk information kan kommuniceras och hur detta kan ligga till grund för en dialog i planeringsprocesserna.

I föreliggande rapport har vi utgått ifrån en beskrivning och kategorisering av undermarkens kvaliteter utvecklat av planerare i Nederländerna. Den bygger på samma kategorisering som man vanligtvis använder för ekosystemtjänster: stödjande, försörjande, reglerande och kulturella. Begreppet geosystemtjänster kan användas för att fånga in alla dessa kvaliteter, varav några kan anses vara traditionella biotiska ekosystemtjänster och andra kan anses vara abiotiska ekosystemtjänster. Oavsett vilken kategorisering eller benämning man har på de tjänster och varor, resurser, eller kvaliteter som undermarken kan uppbåda, så är det tydligt att man har nytta av att försöka samla och beskriva dessa på ett tydligt och strukturerat sätt. Genom att samla och beskriva kan man tydliggöra vilka resurser som finns och man kan skapa förståelse för att det inte är självklart att de fortsätter att finnas om man inte tar hänsyn till dem vid exploatering av områden. Geosystemtjänster som förs fram av van Ree m.fl. (t.ex van Ree et al., 2017) kan vara ett användbart begrepp för att lyfta undermarkens betydelse i planering. Det är också ett begrepp (liksom undermarkskvaliteter) som lyfter undermarken i en positiv bemärkelse och inte bara ser på undermarken som något okänt och riskfyllt – ur kommunikationssynpunkt kan detta vara nog så viktigt.

I pilotstudien har vi utgått ifrån ett visst system men har behövt anpassa det något efter svenska geologiska förhållanden. Eftersom pilotstudien har genomförts i ett område med västsvenska geologiska förutsättningar präglas analysen av detta. För att anpassa och beskriva de olika undermarkstjänsterna som är relevanta för svenska förhållanden krävs att man har en betydligt bredare syn och har med sig all den variation som Sveriges geologi ger upphov till.

Om syftet är att tydliggöra de olika möjligheter som undermarken utgör kan man ifrågasätta huruvida den valda indelningen i stödjande, reglerande, försörjande och kulturella kvaliteter är den bästa. Några reflektioner utifrån det valda angreppssättet är t.ex. att vattenfördröjningsförmåga och vattenfiltreringsförmåga möjligtvis bör beskrivas samlat eller att man inte bör dela upp geotermisk energi och övrig geoenergi. Det är viktigt att ha en beskrivning som är generell men också relevant och begriplig, så att inte kategoriseringen blir viktigare än budskapet. En risk med en strikt kategorisering är också att man inte lyckas förmedla en systemförståelse. ”Undermarksexperter” är utbildade i att förstå olika fysikaliska och kemiska processer och vanligtvis är dessa processer är kopplade – hydraulik – mekanik –

kemi – termiska aspekter. En kategorisering i biotiska – abiotiska eller hydrogeologiska – mekaniska riskerar att inte lyckas kommunicera systemet som helhet. En rening av infiltrerande nederbörd i jordlagren sker delvis som ett resultat av levande organismer (biotiska processer – traditionella ekosystemtjänster), men också som ett resultat av kemiska, dvs. abiotiska, processer och är också beroende av ett geologiskt material med vissa egenskaper. Stora eller ojämna sättningar i lera är hydromekaniska processer som triggas av portrycksförändringar och som resulterar i mekanisk instabilitet. Samtidigt är det viktigt att på ett enkelt sätt kommunicera vilken nytta vi har av undermarken på ett begripligt sätt för personer som inte har systemförståelsen för att man ändå skall förstå vikten av att ta hänsyn till detta även vid planering.

Indelningen som har använts är anpassad efter planering på markytan som tar hänsyn till undermarken. En fråga är om man behöver göra indelningen annorlunda just med syftet undermarksplanering för att t.ex. fånga upp en större diversitet i undermarkskonstruktioner, samt att tydliggöra olika konflikter mellan olika anspråk på undermarken.

Informationen som har samlats här finns i olika databaser och vanligen i kartform, dock spridd hos olika datavärdar. Informationen från databaser finns ofta digitalt och i två dimensioner, men information om djup finns snarare som tilläggsinformation, inte i form av tredimensionella data. För gamla ledningar saknas ofta information om djup. Vissa data, såsom grundläggningskonstruktioner och djup, finns inte alls digitalt i databaser utan behöver samlas in manuellt genom att begära in utredningar (som förvisso finns digitalt som scannade dokument). Dessutom är data om vissa undermarksanläggningar sekretessbelagd och endast tillgänglig under vissa förutsättningar och i viss form – dock sällan som 3D data.

Geovetenskapliga data har tolkats utifrån geologiskt kartmaterial. Rena geologiska underlag har en stor mängd information men den är inte enkelt tillgänglig för personer som inte kan tolka informationen. Det innebär att den som kartlägger en egenskap eller en process måste ha en viss geologisk kunskap för att kunna tolka information från geologiska basdata och förstå hur den påverkar en viss typ av undermarkskvalitet. Den här typen av kartläggning för områden som gjorts i föreliggande studie skulle väsentligt underlättas om all information finns på ett lättillgängligt sätt för planerare, dvs. att data finns tillgänglig digitalt i samlade databaser, samt att informationen finns tillgänglig som 3D-data. Det pågår för närvarande en mängd olika arbeten nationellt i Sverige att digitalisera t.ex. geotekniska och bergtekniska data från de standardundersökningar som görs i alla typer av exploaterings- och infrastrukturprojekt (se t.ex. Svensson, 2015), samt att hitta sätt att åskådliggöra data i tre dimensioner (se t.ex. Lindblom et al., 2018). I Oslo har man t.ex. arbetat med att kartlägga undermarken på olika sätt, bland annat genom att digitalisera information om grundläggningstyp och djup, sättningar, bergkvalitet osv (Eriksson, 2016).

För att göra den här typen av information tillgänglig för planerare i tidiga skeden behöver man också presentera den på ett sätt som gör den användbar i planeringsprocessen. Ett exempel där man har fört in information om geologiska och hydrogeologiska förhållanden är FÖPen för Fässbergsdalen (Mölndals Stad, 2012). Här har stor vikt lagts vid att presentera dessa förhållanden på ett överskådligt sätt, som en underrubrik i FÖPen. En profilbild presenteras för att en läsare skall få en bättre förståelse av systemet och få en känsla av hur det principiellt ser ut under markytan. Informationen kan också förmedlas muntligt, såsom rekommenderas i SEES-metodiken (Hooimeijer & Maring, 2018). Detta ställer då höga krav på att informationen presenteras på ett begripligt sätt så att den blir till nytta i planeringsprocessen. Det hade också varit till nytta att ta fram nya tematiska underlag baserade på geologisk information som kan fungera som underlag i en planeringsprocess. Detta behöver man då göra för vardera undermarkskvalitet (tjänst).

För att presentera en sådan här undermarkskartläggning behöver man redovisa resultatet spatialt och i djupled, dvs i tre dimensioner. Man behöver dessutom redovisa osäkerheter i informationen. I rapporten görs en mycket enkel sammanställning med färgkoder och indelat i

olika djup, men den sammanställningen saknar alltså den spatiala delen (i horisontalled) och vilka osäkerheter som föreligger i underlagsmaterialet och i de olika bedömningarna. Flera av de resurser/kvaliteter som är kartlagda kopplar starkt till geologiskt kartmaterial. Ett vidare metodutvecklingssteg kan vara att överväga vilka av de beskrivna resurserna (eller andra) som skulle kunna tas fram som ett separat kartmaterial i en skala till nytta för planering. Det sker också mycket arbete med att presentera undermarksdata in 3 dimensioner (se t.ex. Trafikverket och TerraTec, 2017)), eftersom en visuell modell av undermarken kan ge stor förståelse för rumsliga aspekter som annars lätt inte uppmärksammas. Här finns många frågor om datainsamling, datatillgänglighet och gemensamma databaser, digitalisering av äldre data, dataformat som behöver lösas om det skall kunna bli en nationell standard i framtiden.

Pilotstudieområdet är en endast liten del av en större FÖP (Göteborgs Stad, 2018a). De geologiska förhållandena är liknande inom hela FÖP-området med typisk västsvensk geologi: uppstickande urbergsklackar, delvis täckta med tunt moräntäcke samt lerfyllda dalar, med morän och på vissa ställen isälvsmaterial under leran samt svallat material i övergången mellan berg och lera. Detta innebär att en hel del av de generella slutsatserna kan gälla för hela FÖP-området, men givetvis behöver kartläggningen i så fall utökas att omfatta alla områden i FÖPen. Det är ett relativt omfattande arbeta att genomföra kartläggningen, delvis beroende på att informationen är spridd och inte tillgänglig som digitala kartblad eller GIS-lager. Mer samlad information underlättar ett sådant arbete.

En fortsatt fråga som inte är tillräckligt utredd i föreliggande rapport är om det finns information som bör lyftas på ÖP-nivå, eller om det är viss information som bör föras ned till DP-nivå. Vad fångas redan upp i dagens planeringsprocess, på vilken planeringsnivå, och vad tillkommer som nytt material med ett sådant här tillvägagångssätt?

9 Slutsatser och framtida arbete

En pilotstudie inom ett område i Göteborg, Flatås, har genomförts med det övergripande syftet att få erfarenheter av ett arbetssätt om hur man skall kunna samordna, värdera och kommunicera information om undermarken i kommunal planering. Arbetet skall ses som ett steg i en metodutveckling. De explicita planeringsförutsättningarna och slutsatserna gällande själva studieområdet runt Flatåsmotet, utmed Dag Hammarsköldsleden, redovisas i avsnitt 7. De generella metodologiska erfarenheterna och slutsatserna är sammanfattningsvis:

- En systematisering av ”naturgivna” kvaliteter i bredare bemärkelse än ekosystem-tjänster har varit en framgångsrik teoretisk utgångpunkt för arbetet. Detta har inneburit att man lägger vikt vid såväl de biotiska som de abiotiska processerna vid markytan och i undermarken och att man uppmärksammar undermarkens olika resurser i samhällsplaneringen utifrån ett systemtjänstperspektiv. Begreppet *geosystemtjänster* kan användas för att stödja hållbar användning av undermarkens samlade resurser – det kan inte minst fungera som ett effektivt sätt att kommunicera olika aspekter av undermarken och dess värde. I ett planeringsperspektiv behöver fokus ligga på nyttan av det geovetenskapliga underlaget i form av effektiv kommunikation och som ett underlag för dialog, snarare än på underlaget eller databasen i sig.
- Till hjälp för att värdera och analysera undermarkens kvaliteter kan man dela in dessa i fyra övergripande begrepp: *stödjande, försörjande, reglerande, kulturella*. Indelningen blandar sådant som traditionellt klassificeras som ekosystemtjänster och sådant som kan ses som geosystemtjänster. Utgångsmetoden har utvecklats för planerare i Nederländerna. Genom att modifiera metoden något för svenska geologiska förhållanden har denna studie visat att det är möjligt att diskutera undermarkens olika kvaliteter och väga kvaliteterna mot varandra för områdesspecifika förhållanden i svenska kommuner. Fortsatt arbete krävs dock för att heltäckande se över indelning och beskrivning utifrån svenska förhållanden.
- Den tillämpade metoden som testats i en fördjupad översiktsplan, FÖP, involverar tolkningsarbete i ett brett ingenjörsgeologiskt och ekologiskt perspektiv. Det innebär att en relativt stor mängd databaser och bakgrundsfakta krävs i den systematiska analysen. Erfarenheterna från projektet är att information om undermarkskonstruktioner är svårtillgängligt. Underlag gällande de mer biotiska delarna (traditionella ekosystemtjänster) har också upplevts som svårtillgängliga, men här har också arbetsgruppen saknat heltäckande kompetens. Generaliserande geovetenskapligt underlagsmaterial av olika slag är relativt lättåtkomligt via nationella databaser från SGU eller från kommunala geotekniska arkiv. Emellertid finns behov av systematiserade och digitaliserade 3D-arkiv, och olika omfattande utvecklingsprojekt pågår med sådan inriktning. Sammanfattningsvis har det använda underlagsmaterialet varit tillfredsställande för att täcka bedömningar om undermarken i en FÖP med dess informationstäthet/skala.
- För beslut i ett planeringsperspektiv måste undermarkens kvaliteter, eller geosystem-tjänsterna, integreras med verksamheter ovan jord. Genom att inordna geosystem-tjänsterna i samordningen mellan bebyggelse, infrastruktur, grönstruktur och kulturella arv har ett pedagogiskt angreppssätt använts som skall underlätta olika kommunala förvaltningars samråd. Angreppssättet innebär explicit att behov, möjligheter och kvalitativa risker diskuteras för undermarksaspekter på teman: *Vatten, Energi, Avfall, Transport och kommunikation, Byggnader, Grönstruktur, Kulturarv, Föroreningar*. Denna tematiska indelningsgrund för geosystemtjänster har potential att vara ett användbart tillvägagångssätt för FÖP – fördjupade översiktsplaner.
- Planering utifrån perspektivet att undermarken har flera olika resurser, funktioner och tjänster som skall hushållas med, gör undermarksplanering inte bara till en storstadsfråga

utan en fråga som är relevant även för mindre kommuner där undermarksanläggningar är begränsade, men där andra kvaliteter nyttjas.

Utifrån erfarenheterna föreslås följande fördjupningar och vidareutveckling av den tillämpade metoden:

- Begreppet geosystemtjänster bör utredas vidare, dels med avseende på hur det skall definieras och beskrivas, men också i form av fördjupade studier om användbarheten som ett stöd i planering.
- Det bör vidare utredas om nya tematiska kartblad och/eller databaser kan utvecklas för att stödja undermarksplanering, utifrån perspektivet geosystemtjänster.
- Fördjupade utredningar på vilket sätt man bäst för in undermarksfrågor i ÖP, FÖP och DP, samt vilka undermarksresurser/tjänster/kvaliteter som bör prioriteras på olika planeringsnivåer bör genomföras.
- I planering och byggande görs avväganden mellan olika anspråk och det finns ett behov av att utveckla metoder och verktyg för att stödja dessa avväganden vad gäller olika anspråk specifikt på undermarken för att åstadkomma en hållbar användning av undermarken.
- En begränsning i föreliggande rapport är att informationen inte har hanterats i GIS-format för att illustrera och potentiellt kunna genomföra en bättre analys utifrån interaktionsmatrisen, vilket är ett självklart nästa steg.

10 Referenser

Boverket, 2018. Ekosystemtjänster i den byggda miljön – vägledning & metod [Online]. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/ [Accessed 1/11 2018]

Eriksson, I., 2016. Oslo kommunes Undergrunnsprosjekt. Presentation. [online] https://static1.squarespace.com/static/542bc753e4b0a87901dd6258/t/56d427e4f8baf3f3efb5f302/1456744428888/Oslo+kommunes+undergrunnsprosjekt_I.+Eriksson.pdf [Accessed 14/5 2019]

Gray, M., 2011. Other nature: Geodiversity and geosystem services. Environmental Conservation, 38 (3), pp. 271-274.

Gray, M., 2012. Valuing Geodiversity in an 'Ecosystem Services' Context. Scottish Geographical Journal, 128 (3-4), pp. 177-194.

Gray, M., Gordon, J.E., Brown, E.J., 2013. Geodiversity and the ecosystem approach: The contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. Proceedings of the Geologists' Association, 124 (4), pp. 659-673.

Görlin, K., Persson, A., Jönsson-Belyazid, U., Hansson, J. & Soutukorva, Å., 2017. Argument för mer ekosystemtjänster. Rapport 6736, Naturvårdsverket. http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6736-6.pdf?pid=19706 [Accessed 1/11 2018]

Göteborgs Energi, 2018. GIS-data från Ledningskollen

Göteborgs Stad, 2018a. Översiktsplan för Göteborg - fördjupad för Högsbo-Frölunda med Dag Hammarskjöldleden. Samrådshandling december 2018

Göteborgs Stad, 2018b. Radonriskkarta över Göteborg. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/e39f4167-4929-4a55-b875-e151af235390/radonkarta_GBG.pdf?MOD=AJPERES [Accessed 16/11 2018]

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1992. Pålningsprotokoll Högsbo 5:17. Är.nr. 60841-92. 1992/441.

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1994. Pålningsprotokoll Högsbo 1:1. Är.nr. 60366-94. 1994/235.

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1995. Pålningsprotokoll Högsbo 1:1. Är.nr. 60855-94. 1995/24.

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1996. Pålprotokoll Högsbo 5:17. Är.nr. 60032-95. 1996/13.

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 2018. Reviderad borrhålskarta Järnbrott 126:2. Bilaga 2 och 3. 2018-05-18.

Hooimeijer, F.L., Maring, L., 2018. The significance of the subsurface in urban renewal. Journal of Urbanism, 11 (3), pp. 303-328.

Johansson, G., 2016. Stadens tekniska system. Naturresurser i kretslopp. Studentlitteratur, Lund.

Jordbruksverket, 2017. Exploatering av jordbruksmark 2011 – 2015. Rapport 2017:5, Jordbruksverket. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c8440272a4a0/1528447797593/Exploatering%20av%20jordbruksmark%202011-2015.pdf [Accessed 7/11 2018]

Kretslopp och Vatten, 2018. GIS-data från Ledningskollen

Lantmäteriet, 2018. *Öppna Geodata* [Online]. Lantmäteriet. Available: ftp://download-opendata.lantmateriet.se/GSD-Terrangkartan_vektor/Vastra_Gotaland/Sweref_99_TM/shape/ [Accessed 30/6 2018].

Lindblom, U., Ericsson L. O., Winquist T., Tengborg P., Håkansson U. (eds.), 2018. Sweden Underground – Rock Engineering and How It Benefits Society. BeFo, Rock Engineering Foundation and Swedish Rock Engineering Association. Stockholm.

Länsstyrelsen, 2018a. Förslag till nytt beslut för naturreservatet Änggårdsbergen i Göteborgs Stad och Mölndals Stad. Remiss 2018-10-24. Dnr 511-5433-2017.

Länsstyrelsen, 2018b. *Informationskartan* [Online]. Länsstyrelsen. Available: https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=023f6dde755f41c5a719b111ddfb80ed [Accessed 14/8 2018].

MEA, 2005. Millenium Ecosystem Assessment *Ecosystems and human well-being: synthesis,* Washington, DC, Island Press.

MEA, 2020. Overview of the Millennium Ecosystem Assessment. https://www.millenniumassessment.org/en/About.html# . [Accessed 29/1 2020]

MSB, 2009. Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om ledningssystem för naturgas. Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps författningssamling.

Mölndals Stad, 2012. Översiktsplan för Göteborg och Mölndal – fördjupad för Fässbergsdalen. [Online] https://campus.molndal.se/download/18.53808c8a15893b2273114587/1553600118023/F%C3%A4ssbergsdalen.pdf [Accessed 14/5 2019]

Naturvårdsverket, 2015. Guide för värdering av ekosystemtjänster. Rapport 6690, Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6690-1.pdf?pid=15998 [Accessed 1/11 2018]

Naturvårdsverket, 2018a. Uppdrag om att analysera torvutvinningens klimat- och miljöpåverkan [Online]. http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Redovisade-2016/Uppdrag-om-att-analysera-torvutvinningens-klimat--och-miljopaverkan-/ [Accessed 7/11 2018]

Naturvårdsverket, 2018a. Vägledning om täkter [Online]. http://naturvardsverket.se/takter [Accessed 7/11 2018]

Panncentralen Frölundaborg, 2016. Nyheter & Information, April 2016. http://www.panncentralen.com/wp-content/uploads/2015/04/panncentralen-utskick.pdf [Accessed 12/11 2018]

Riksantikvarieämbetet, 2018. FMIS_Vastra_Gotaland_L_shp.

Ruitenbeek, J., 1995. Functions of nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making: Rudolph S. de Groot. Wolters-Noordhoff, Amsterdam, 1992. 315 pp. ISBN 90-01-35594-3. Book Review. Ecological Economics, 14, 211-213.

SGU, 2018a. Geologiskt värdefulla platser. Sveriges geolohgiska undersökning. https://www.sgu.se/samhallsplanering/naturvarden/vart-geologiska-arv/geologiskt-vardefulla-platser/ [Accessed 10/9 2018].

SGU. 1984. *7A Marstrand SO/7B Göteborg SV (Ae 72)*. Uppsala, Sverige: Sveriges Geologiska Undersökningar

SGU. 1988. *6B Kungsbacka NV (Ae 96)*. Uppsala, Sverige: Sveriges Geologiska Undersökningar

SGU. 2000. *Specialkarta Ba 59 bkv*. Uppsala, Sverige: Sveriges Geologiska Undersökningar

SGU. 2007. *7B Göteborg SV (K60)* Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökningar.

SGU, 2016. SGUs generella synpunkter angående geologisk information i översiktsplanering. PM – 20160607. https://www.sgu.se/globalassets/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/sgus-generella-synpunkter-angaende-geologisk-information-i-oversiktsplanering-20160607.pdf [Accessed 29/1 2020].

SGU, 2017. Checklista - information om jord, berg och grundvatten i kommuners översiktsplaner. https://www.sgu.se/globalassets/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/checklistaop_sgu_2017-12-22.pdf [Accessed 29/1 2020].

SGU. 2018b. *Kartvisaren* [Online]. Sveriges Geologiska Undersökningar Available: https://apps.sgu.se/kartvisare/index.html [Accessed 14/8 2018].

SGU. 2018c. *Kartgeneratorn* [Online]. Sveriges Geologiska Undersökningar Available: http://apps.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html [Accessed 30/6 2018].

Skogsstyrelsen, 2018. *Skogliga Grunddata* [Online]. Available: https://kartor.skogsstyrelsen.se/kartor/ [Accessed 26/9 2018].

SLU, 2019. *Skogskarta*. [Online]. https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/slu-skogskarta/SkogskartaOnline/ [Accessed 5/5 2019].

SOU, 2013. Synliggöra värdet av ekosystemtjänster - Åtgärder för välfärd genom biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Sammanfattning av SOU 2013:68. Statens offentliga utredningar. Stockholm. https://www.regeringen.se/49bba7/contentassets/ba53cd9f18b74f348eb0ff31e8280d60/sammanfattning-av-sou-201368-synliggora-vardet-av-ekosystemtjanster [Accessed 1/11 2018]

STRONG, 2016. Ontwerp Structuurvisie Ondergrond. Ministerie van Infrastructuur en Milie & Ministierie van Economische Zaken. Den Haag, Nederländerna. *(på nederländska)*

SWECO 2011. Översiktlig stabilitetsutredning inom Göteborgs stad - Delområde S56, S59, S176, S177, S178, S179, S180, S184, S185, S285, S286. Göteborg, Sverige: Sweco Infrastructure AB.

Swedegas, 2018. GIS-data från Ledningskollen.

Svensson, M., 2015. GeoBIM – Optimalt utnyttjande av geotekniken i stora infrastrukturprojekt. Byggteknik Nr. 1, 2015

Söderqvist, T., Lindhe, A., Rosén, L., Kinell, G., 2014. Grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden – en inledande kartläggning. SGU-rapport 2014:40. Sveriges Geologiska Undersökning.

Trafikverket och Terratec, 2017. Visualisering av 3D-data, Sammanslagning av GPR, flygburen och mobil laserskanning. Del av FoU-projektet ”Infrastruktur i 3D” i samarbete mellan Innovation Norge. Rapport 8B, Trafikverket.

Trafikverket, 2013. Landskap i långsiktig planering – Kortversion av pilotstudie i Västra Götaland. Publikation 2013:099, Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11483/RelatedFiles/2013_099_lanskap_i_langsiktig_planering_kortversion.pdf [Accessed 7/11 2018]

Trafikverket, 2015. Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Rapport 2015:057. Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11741/RelatedFiles/2015_057_Trafikverkets_handbok_for_sulfidforande_bergarter.pdf [Accessed 17/11 2018]

Wahlgren, C.-H., Mellqvist, C., Bovin, K., Jelinek, C., Persson, L., Thunholm, B. & Wåhlén, H., 2015. Grundvatten i kristallin berggrund, en pilotstudie baserad på SGUs data. SGU-rapport 2015:31. Sveriges Geologiska Undersökningar. http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1531-rapport.pdf [Accessed 1/11 2018]

van der Meulen, E.S., Braat, L.C., Brils, J.M., 2016. Abiotic flows should be inherent part of ecosystem services classification. Ecosystem Services, 19, pp. 1-5.

van Ree, C.C.D.F., van Beukering, P.J.H., 2016. Geosystem services: A concept in support of sustainable development of the subsurface. Ecosystem Services, 20, pp. 30-36.

van Ree, C.C.D.F., van Beukering, P.J.H., Boekestijn, J., 2017. Geosystem services: A hidden link in ecosystem management. Ecosystem Services, 26, pp. 58-69.

Webber, M., Christie, M. & Glasser, N, 2006. The social and economic value of the UK's geodiversity. Research Report 709. English Nature, Peterborough, UK. http://publications.naturalengland.org.uk/publication/62015 [Accessed 1/11 2018]

Volchko, Y., Norrman, J., Bergknut, M., Rosén, L., Söderqvist, T., 2013. Incorporating the soil function concept into sustainability appraisal of remediation alternatives. Journal of Environmental Management, 129, pp. 367-376.

WSP 2006. Shurgard -kv Borrmaskinen 32:2, Högsbo Geoteknisk undersökning. Göteborg, Sverige: WSP Samhällsbyggnad.

Bilaga 1 Fotografier från pilotstudieområdet

Följande bilaga redovisar några fotografier från pilotstudieområdet. Figur B1- 1 nedan visar från vilka positioner fotografierna är tagna.

Figur B1- 1. Översikt över positioner där fotografierna nedan är tagna.

Figur B1- 2. Vy mot skytteklubben (position nr 70).

Figur B1- 3. Anslutning mot berg i norra delen av J.A Wettergrens gata (position 71).

Figur B1- 4. Vy söderut i industriområdet längs J.A Wettergrens gata (position 73).

Figur B1- 5. Vy norrut i industriområdet längs J.A Wettergrens gata (position 74).

Figur B1- 6. Vy norrut in mot upplagsområde nära pegmatitbrottet (position 82-83).

Figur B1- 7. Vy österut, korsningen Olof Asklunds gata/Gruvgatan (position 113).

Figur B1- 8. Vy norrut längs Dag Hammarskjöldsleden (position 115-118).

Figur B1- 9. Vu norrut vid rondellen vid Tunnlandsgatan (position 121).

Bilaga 2 Interaktionsmatris

Bilaga 2 utgörs av en Excel-fil som finns uppladdad tillsammans med rapporten på Chalmers research: https://research.chalmers.se/publication/516552.